7.

DISCURSOS

LEIDOS ANTE LA

REAL ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS,

FÍSICAS Y NATURALES

EN LA RECEPCION PUBLICA

DEL EXCMO. SR. D. MANUEL FERNANDEZ DE CASTRO,

el dia 2 de Junio de 1878.

MADRID:
IMPRENTA DE LA VIUDA É HIJO DE D. E. AGUADO.
Calle de Pontejos, 8.

1878.

DISCURSO

DEL

EXCMO. SR. D. MANUEL FERNANDEZ

DE CASTRO.

Señores:

Bien quisiera poder expresar los encontrados sentimientos que en este momento me embargan; pero ¿á qué intentarlo? Todos habeis pasado por tan difícil trance, y no necesitais para comprender la situacion del que os habla, sino el recuerdo de lo que cada uno de vosotros experimentó al penetrar en este santuario de la ciencia; á pesar de que llegábais á él naturalmente empujados por vuestros merecimientos. Permitid que al verme aquí, honrado cual nunca pude imaginarlo, me pregunte cómo es que el desconocido ingeniero, á quien las vicisitudes de la vida han mantenido durante largos años en uno de los más apartados rincones de la Monarquía, haya podido ser llamado á compartir las tareas de los hombres que más se distinguen en España en las ciencias exactas, físicas y naturales. El nombre y títulos del Académico cuya plaza voy á ocupar, y la naturaleza del cargo oficial que me hallaba desempeñando cuando

ocurrió su lamentable muerte, responden suficientemente: y esto, á la vez que acrece el dolor que me causa la pérdida del amigo y del compañero, es un motivo para estrechar más los lazos de afecto y gratitud que me ligan al Cuerpo de Ingenieros de Minas.

Don Ramon Pellico y Paniagua perteneció á ese plantel de hombres de ciencia, á donde más de una vez habeis acudido para llenar los huecos que el trascurso del tiempo ha abierto en vuestras filas; porque no podeis olvidar que en la Escuela especial de Minas se enseña, hace más de cuarenta años, la Mineralogía y la Geología, y que allí fué donde por primera vez en España se fundó, en 1845, una cátedra de Paleontología, reclamada con insistencia desde 1839.

Director de esa Escuela, despues de haber profesado en ella asignaturas de aplicacion que exijen el conocimiento profundo de las ciencias que son objeto de vuestro instituto, D. Ramon Pellico dedicó una gran parte de su larga y laboriosa carrera á trabajos geológicos, que han contribuido al conocimiento que hoy se tiene de la naturaleza y edad del suelo de la Península: así es que en 1836 se daba ya á conocer con una «Memoria sobre las minas de carbon de piedra de la provincia de Córdoba,» y desde entonces se publicaron gran número de trabajos suyos más ó ménos directamente relacionados con la Geología de España, entre ellos los «Estudios geognósticos de la parte oriental de la provincia de Almería,» los de las minas de plata de Hiendelaencina, de las de carbon de piedra de Espiel y Belmez, y de la cuenca carbonífera de Villanueva del Rio; porque tan

buen ingeniero como entendido geólogo y esclarecido patricio, siempre tuvo especial cuidado de aplicar los principios de la ciencia á los problemas industriales que más podian interesar á su país.

Vosotros habeis querido rendir un tributo de afecto al autor de esos trabajos buscándole un sucesor entre los ingenieros del cuerpo de Minas, y de estos habeis elegido al que se hallaba entonces á la cabeza de la Comision del Mapa Geológico de España: debo, pues, la honra insigne de dirigiros la palabra, no á mis propias é insignificantes obras, sino á vuestra bondad y al justo renombre de un Cuerpo que puede gloriarse de haber contribuido como ninguno al progreso de la Geología en España. No extrañareis en vista de esto que al cumplir el deber que me imponen vuestros Estatutos de disertar sobre un punto de las ciencias naturales, me crea en cierto modo obligado á escoger alguno que se relacione á la vez con la profesion de Ingeniero de Minas y con el estudio á que tuvo particular aficion el distinguido compañero á quien vengo á sustituir.

Extenso campo es el que ofrece la Geología; nada tan interesante y variado como las aplicaciones que de ella hace el minero en sus cotidianas tareas; pero ¿qué decir cuando me dirijo á los que marchan á la cabeza de ese ramo del saber? ¿podré encontrar asunto que no haya sido ya motivo de estudios especiales de vosotros conocidos? y aun cuando me fuera dado hallar un tema con las condiciones apetecidas, ¿cómo desarrollarlo si en el momento de conferirme la más alta de las distinciones

reservadas al hombre estudioso, pero que nunca he creido merecer, me hallaba del otro lado del Atlántico, léjos de las personas que hubieran podido aconsejarme, y sin todas las obras de consulta necesarias para no cometer errores ú omisiones poco disculpables en acto tan solemne y ante una asamblea tan respetable y competente?

Fuerza será, sin embargo, que arrostrando por todo, puesto que no es posible aplazar el cumplimiento de lo que disponen los preceptos de la Academia sin renunciar á la honra que me habeis dispensado, traiga á la memoria el recuerdo de mis meditaciones en otro tiempo, y con las reminiscencias, ya que no un discurso cual hubiera deseado, procuraré presentaros algunas consideraciones acerca de la *influencia que ha podido ejercer en ciertos fenómenos geológicos, y muy particularmente en el metamorfismo de las rocas y en la formacion de los criaderos metalíferos, el movimiento molecular debido á las acciones eléctricas:* asunto que si bien ha sido objeto de muchos y muy importantes trabajos, puede dar motivo todavía á nuevos é interesantes estudios, sobre todo teniendo presente «la idea á que obedecen la mayor »parte de las teorías modernas, cuya marcha instintiva »pero profunda y filosófica,» como ha dicho elocuentemente uno de vosotros, «es agrupar hechos al parecer »distintos dentro de una misma teoría; hallar la expre»sion sintética que los abarca y los explica; elevarse, en »una palabra, de la variedad á la unidad (1).»

Tratando de seguir esa marcha, es mi ánimo persuadiros de que á pesar de haberse explicado algunos fenómenos geológicos como originados por causas diversas,

pudieran muy bien atribuirse á los múltiples y variados efectos de las *acciones electro-telúricas*, nombre que daré indistintamente á todas las que produce la electricidad desarrollada por causas naturales en la superficie ó en el interior de la corteza del globo: no porque pretenda asimilarlas ni confundirlas con las que se deben al magnetismo terrestre, sino porque esa voz expresa, con laconismo y claridad, dónde nace y cómo se ejerce esa fuerza lenta é invisible, pero constante y poderosa, que da motivo á mi razonamiento.

Y encuéntrome, á la verdad, perplejo al comenzarla, porque debiendo ser breve y habiéndolo de escuchar personas tan entendidas, parece natural prescindir de ciertos hechos y principios consignados en libros que se consideran ya como clásicos; y sin embargo no dejaría de ser oportuno el recuerdo de algunas verdades, por todos admitidas, para empezar desvaneciendo la prevencion desfavorable que han solido dejar en el ánimo de los que se dedican al estudio de la Geología, muchas obras cuyos autores rechazan toda hipótesis que tenga por base los movimientos moleculares debidos á la electricidad, no obstante el gran número de experimentos concluyentes con que se ponen de manifiesto y la incontestable fijeza de las leyes que los rijen.

Estas y aquella autorizan, en efecto, á creer que los fenómenos de metamorfismo que resultan de la descomposicion y recomposicion de los elementos de las rocas, ó de la agrupacion de ciertas moléculas diseminadas ó introducidas en ellas, pudieran explicarse por el concurso de acciones electro-químicas y electro-dinámicas. Y no

tiene nada de violento el admitirlo, cuando se sabe de lo que es capaz la electricidad, esa fuerza ante la cual todo cede, ya se ejerza en estado de tension, venciendo la resistencia que le opone un medio aislador, para producir enérgicos efectos dinámicos y caloríficos ó provocar la síntesis de cuerpos elementales, ya en forma de corriente al través de los conductores, para destruir la cohesion de las tierras y metales más refractarios al calor, ó deshacer combinaciones rebeldes á todos los reactivos de la química.

Más por maravillosos que sean tales resultados, que con frecuencia observamos en los laboratorios y en la naturaleza misma, no es en ellos precisamente donde el geólogo debe buscar el orígen de ciertos hechos que á cada paso se le ofrecen en sus investigaciones: el poder inmenso de las acciones eléctricas, lo que permite sospechar que á ellas más bien que á otras causas pudieran atribuirse algunos fenómenos geológicos inexplicables ó mal explicados todavía, reside en la variedad infinita de los efectos que producen y, sobre todo, en la circunstancia de que no hay lugar ni momento en que con más ó ménos intensidad no estén ejerciéndose.

Dos hombres eminentes, que han dedicado su vida entera al estudio de la electricidad y que en el de la electro-química no tienen rival, dicen en el discurso preliminar de una de sus obras: «El fluido eléctrico no es »un agente local ni accidental en el teatro del mundo. »Descubrimientos recientes hacen ver que está presente »en todas partes y en todas partes actúa, desempeñan»do un papel importantísimo en las más interesantes y »grandiosas escenas de la naturaleza (2).»

Y no es este un simple arranque propio de un discurso apologético, porque son frecuentes los pasajes de las obras didácticas de los dos Becquerel en que se revela la misma firme conviccion del poder y universalidad del agente eléctrico. En una de las últimas que han visto la luz pública, al dar á conocer los resultados de sus experimentos electro-químicos para producir la descomposicion y síntesis de una multitud de cuerpos, muchos de los cuales se encuentran en la naturaleza y no habian podido nunca obtenerse por procedimientos químicos directos, quiero decir, sin la intervencion de los generadores eléctricos, despues de explicar uno de los casos más curiosos de las acciones lentas provocadas artificialmente, se establece esta regla general: «Siempre »que una corriente eléctrica actúe con lentitud, habrá »una agrupacion regular de las moléculas transporta»das, si estas pueden tomar el estado sólido; y los cris»tales que resulten adquieren tal dureza que presentan »todas las propiedades físicas de los metales fundidos. Y »es tal, añade, el poder de las fuerzas eléctricas, que em»pleándolas convenientemente se pueden liquidar las »moléculas de los cuerpos, volatilizarlas, separarlas de »sus combinaciones, reunirlas, agruparlas como pudie»ra hacerlo la fuerza de cohesion, y obligarlas á entrar »en nuevas combinaciones: efectos todos que muestran »cuán importante es el papel que desempeñan en la na»turaleza (3).»

Bastaría para demostrar la universalidad de esos múltiples efectos enumerar las causas que dan orígen á la electricidad; pero son tantas que molestaría inútil-

mente vuestra atencion, por lo cual me contentaré con mencionar: entre las acciones mecánicas el frotamiento, la presion, la percusion, la exfoliacion de los minerales hojosos, y la desagregacion molecular en los que no están constituidos por láminas, tengan ó nó visible el crucero; de las acciones físicas son las más importantes el calor y la induccion, y á ellas corresponden tambien la evaporacion, causa probable de la electricidad atmosférica, y el contacto de las tierras y de las aguas, ya corran por la superficie, ya penetren en el interior por las grietas y poros de las rocas; las acciones químicas son tan numerosas como las reacciones de unos cuerpos sobre otros, y constituyen el más poderoso orígen del movimiento molecular que se observa en la corteza del globo; por último, no es agena á este movimiento la electricidad que se atribuye á las acciones fisiológicas y particularmente á la que se desarrolla por la vegetacion.

No es del caso manifestar aquí la importancia relativa de cada una de estas fuentes de electricidad, deducida ya de su frecuencia, ya de la manera como puede traducirse su accion en los hechos geológicos que se observan en las capas terrestres; por otra parte, he dicho que sería inútil detenerse á encarecer la universalidad de la accion eléctrica enumerando cada una de las causas que pueden producirla, y basta, en efecto, hacer algunas breves y autorizadas citas.

El P. Secchi, en su conocido libro *La unidad de las fuerzas físicas*, donde desenvuelve la admirable teoría, lógicamente deducida de los hechos observados por Am-

pere, Fresnel y Joule, cuyas leyes todos admiten como verdades inconcusas; al tratar de la electricidad, que segun esa teoría no es más que un modo del movimiento, como la luz y el calor, asienta: «que todas las sustancias »pueden dar orígen á manifestaciones eléctricas cuando »se les hace experimentar una modificacion molecular »cualquiera, ya sea comprimiéndolas, torciéndolas ó es»tirándolas (4).» En otro párrafo de la misma obra asegura: «que ninguna accion calorífica puede ejercerse en »la materia ponderable sin determinar una ruptura de »equilibrio y un movimiento del éter, y sin produ»cir, por consiguiente, una manifestacion eléctrica (5).» Pero todavía es más categórico cuando dice: «El conjun»to de fenómenos llamados eléctricos nos revela que »existe en la naturaleza una fuerza susceptible de ser »desarrollada por todas las acciones capaces de alterar el »régimen molecular de los cuerpos, ya sean mecánicas, »químicas, caloríficas ó magnéticas (6).»

Y si os pareciere sospechoso este aserto tan absoluto, por haberse emitido en un libro cuyo objeto es desenvolver la nueva teoría de la unidad de las fuerzas físicas, os citaré, entre los muchos pasajes que podria elegir en las obras ya clásicas de los dos Becquerel, uno en que, hablando de las acciones lentas que tienen lugar en el interior de la corteza terrestre, afirma con insistencia que «son innumerables las causas que producen en ella »corrientes eléctricas, sobre todo en las rocas y en los »filones grieteados, donde debe existir un número infi»nito de pares voltáicos ejerciendo reacciones químicas »lentas (7);» y otro en que despues de haber tratado de

los fenómenos que origina la induccion por influencia magnética dicen, refiriéndose á varios experimentos muy conocidos: «De estos efectos se saca en consecuencia que »no es posible que un cuerpo se mueva en la superficie »del globo sin que se produzcan en su masa corrientes »de induccion (8).»

El valor de esta consecuencia resalta aún más cuando se considera que la fuerza es indestructible y que una vez desarrollada ha de ejercer necesariamente sus efectos; cuando se recuerda que las corrientes instantáneas debidas á la induccion se atraen y se repelen unas á otras, como las corrientes contínuas inductoras, obedeciendo á las mismas leyes que para estas ha establecido Ampere; cuando se tiene en cuenta que las corrientes inducidas no solo son susceptibles de producir los efectos mecánicos ya citados, sino tambien los químicos que originan las inductoras, y con más intensidad aún los caloríficos, propios de la electricidad estática, en que la accion térmica va acompañada de transporte de materia ponderable.

Júzguese cuál será el movimiento molecular que tantas causas y tan múltiples efectos imprimirán á la materia, dotándola, por decirlo así, de vida, y digan si no hay fundamento para atribuir á las acciones electro-telúricas una gran influencia en ciertos fenómenos geológicos que se observan en la corteza del globo: hallándose esta, como se halla, esencialmente compuesta de rocas heterogéneas, acribilladas de grietas y de poros, por donde circulan otros cuerpos no ménos aptos que los elementos de aquellas para transformar ó transmitir ín-

tegras esas acciones que incesantemente reciben ó que en ellos tienen orígen.

No es nueva la idea de que en la formacion de los criaderos metalíferos haya tenido grande influencia la accion eléctrica. Sir Humphry Davy, tan inclinado á resolver problemas científico-industriales de incontestable utilidad, buscó el orígen de las vetas metálicas en el agente que llamaba la atencion de todos los sábios cuando tan maravillosos resultados producia en sus manos, agrupando al rededor de un punto las moléculas de los metales alcalinos, diseminadas y combinadas con otros cuerpos en la materia misma de los tubos de vidrio de que se sirvió en sus primeros ensayos con la pila de Volta.

Ni de sus trabajos, ni de los experimentos de Fox, Reich, Henwood y demás que se propusieron buscar la misma solucion al problema, debo tratar aquí, porque no es mi ánimo trazaros una historia de todas las tentativas que se han hecho para explicar la formacion de los criaderos metalíferos por la influencia de la electricidad; y por otra parte, ya en 1837 emitió Becquerel una opinion contraria á las conclusiones de los que le habian precedido en este estudio y habian buscado el orígen de las vetas en corrientes electro-químicas, como las que Ampere habia imaginado circulando al rededor de la tierra para explicar el magnetismo terrestre, ó bien en las termo-eléctricas producidas por la diferencia de temperatura entre el núcleo central y la corteza exterior del globo (9).

El propio Becquerel, casi siempre que en sus obras trata de establecer alguna relacion entre ciertos fenómenos geológicos y los resultados de sus experimentos electro-químicos, insiste en la circunstancia de que han de poder establecerse corrientes de cierta longitud, dando mucha importancia al poder conductor de las rocas y á la distancia á que estas, por el grado de permeabilidad del terreno, pueden extender los efectos eléctricos. Y es esto tanto más extraño cuanto que no han podido ser sino moleculares las acciones lentas á que atribuye muchos fenómenos geológicos, entre ellos el de la petrificacion de los cuerpos organizados, que habia logrado reproducir por procedimientos electro-químicos: y así debia de comprenderlo él mismo cuando declara que si ese y otros hechos naturales han llamado la atencion de los geólogos, es porque saltan á la vista; pero que los hay microscópicos, por decirlo así, que se realizan muy lentamente y que no pueden hacerse sensibles sino despues de mucho tiempo: fenómenos cuya causa ignoraba, si bien creia poder demostrar que en algunas circunstancias es eléctrica (10).

Tal vez si Becquerel hubiera dado á sus investigaciones este giro cuando veinte años ántes criticaba los experimentos de Fox; y si Virlet d'Aoust hubiera extendido á los criaderos metalíferos en filones las ideas que en 1835 aplicó solo á las sustancias metálicas y minerales que se encuentran en las cavidades geódicas de ciertas rocas, no os hablaria hoy en los términos en que lo hago; porque probablemente habria encontrado una teoría más completa que la que apunta el primero en la

edicion de 1837 de su Tratado de Electricidad, al manifestar de qué manera ha influido ésta en la formacion de los criaderos metalíferos (11), y el segundo no se hubiera limitado á indicar la posibilidad de darse cuenta del metamorfismo de las rocas por el transporte molecular que se observa en las capas del terreno despues de su consolidacion (12).

Es preciso confesar, sin embargo, que cuando no existian ó no se conocian los admirables trabajos de Mayer, Thomson, Rankine, Joule, Maxwell y otros; ántes de que Grove, Tyndall, Secchi y el Abate Moigno hubiesen popularizado las teorías de la física moderna; cuando la idea del átomo dinámico no flotaba, por decirlo así, en la atmósfera científica, como hoy sucede, era difícil que el físico ó el químico que no salen de su laboratorio, ni el geólogo que sin cesar observa la naturaleza trepando á las montañas y penetrando en el interior de la tierra, se dedicaran aislados á resolver en ese sentido un problema que exige ambas clases de estudios, y cuyo pensamiento, por lo tanto, solo incidentalmente podia venir á la imaginacion de los primeros, y el segundo no se hubiera atrevido á formular sin pruebas experimentales de su certeza.

Quizá se anticiparon, como tantas veces ha sucedido, Fox, Virlet y Villeneuve (13), al exponer sus ideas; quizás el recuerdo que de ellas hago es todavía prematuro; más todo parece anunciar que á medida que vaya generalizándose el conocimiento de las leyes del movimiento como fuerza universal; cuando los que hoy admiran las sublimes concepciones que han dado orígen á la

química, á la acústica y á la óptica molecular, estén dispuestos á aplicar los mismos principios á todos los fenómenos de la naturaleza, convirtiendo su estudio en lo que algunos denominan ya física molecular, no tardarán en persuadirse de que es lógico extenderlos á lo que en definitiva no es sino una parte de la misma ciencia, pues físicos son los fenómenos geológicos á que me refiero, y llegará dia en que para explicar los más extraordinarios se acuda á la potencia incontrastable de las acciones moleculares, cuyos formidables efectos justifican la feliz expresion de Tyndall, cuando al referirse á los *infinitamente pequeños*, como él los llama, dice que las resistencias más grandes son impotentes para luchar contra esos jigantes disfrazados (14). Entonces, tal vez, veremos nacer la Geología molecular; porque la influencia de las ideas predominantes en todos los ramos de la ciencia es un hecho reconocido y demasiado frecuente para que tenga que esforzarme en demostrarlo: siendo una prueba de ello las teorías que sucesivamente han ido aceptándose acerca del orígen de las vetas metalíferas.

Ya sabeis que Werner, á quien justamente se considera como el fundador de la Geognòsia, logró formar una escuela conocida con el nombre de *neptunista*, porque suponia que todos los terrenos se habian formado debajo del agua ó por la accion de este líquido: cuyo sistema expuso en un sucinto trabajo que vió la luz el año de 1787. Fundado en él concibió su *Nueva teoría de los filones*, en la que se asienta por primera vez que estos habian sido grietas ocasionadas por movimientos ocurri-

dos en las capas del terreno, debidos á diferentes causas, pero relacionadas todas con la accion de las aguas: y estando abiertas dichas grietas por la parte superior se llenaron con materiales procedentes del mismo mar que dió orígen á las capas de la corteza terrestre. Explicaba Werner las diferencias de estas con los filones y la que se observa entre los filones mismos, por la mayor ó menor rapidez con que se depositaron ó se precipitaron las sustancias que constituyen unas y otros, por el tiempo más ó ménos largo que en las grietas se mantuvieron ciertas y determinadas disoluciones, y por haber recibido sucesiva y algunas veces alternadamente otras nuevas: alegando como pruebas de haberse llenado las grietas por la parte superior la analogía de los minerales que contienen algunos criaderos en capas con los de los filones; la presencia en estos de cantos rodados y petrificaciones; y sobre todo el fajeado ó conjunto de zonas que paralela y simétricamente han ido depositándose en las paredes de las hendiduras, para formar las vetas.

Combatieron muchos geólogos la teoría neptúnica, insuficiente á todas luces para darse cuenta del problema que se trataba de explicar: y no creo necesario deciros que tampoco satisfacia todas las condiciones otra que fué generalmente aceptada y recibió el nombre de *plutónica,* porque el célebre escocés Hutton, que la imaginó, atribuia al fuego el orígen del granito y la consolidacion de la mayor parte de las rocas (15). Basada en este supuesto y en la existencia de una masa fluida en el centro de la tierra, donde se hallan fundidos todos los elementos que constituyen la corteza, se ha admitido por

mucho tiempo una hipótesis segun la cual las grietas se deben, en la generalidad de los casos, á dislocaciones producidas en la parte sólida de la tierra por conmociones más ó ménos violentas de la masa fluida interior, y esta llenó despues las grietas de abajo á arriba, unas veces en el estado líquido pastoso, otras en forma de vapores, debidos á una verdadera destilacion ó sublimacion natural: el desprendimiento sucesivo y alternado de esos vapores de naturaleza diversa ha servido para explicar la estructura fajeada de los filones característicos.

Las ideas de los plutonistas dominaban todavía, treinta años hace, cuando Burat, á imitacion del distinguido geólogo Fournet (16), escribió una obra exclusivamente dedicada al estudio de los criaderos metalíferos (17). En ella dice que no es posible discutir acerca del orígen igneo ó acuoso de los filones, porque la presencia en éstos de minerales eruptivos resuelve la cuestion de una manera terminante; pero á la vez que sostiene la teoría plutónica en toda su pureza, afirmando con insistencia que provienen de emanaciones ó sublimaciones las sustancias minerales que se encuentran en las grietas constituyendo los filones, reconoce que las aguas pueden haber influido para modificar el principio de la produccion ígnea, como lo habian indicado, Fournet primero y Elie de Beaumont despues, al comparar los fenómenos volcánicos con los que han dado orígen á los minerales en los criaderos.

El segundo de estos geólogos, en un memorable trabajo que forma época en la historia de la Geología, publicado en 1847 con el título de *Nota sobre las emana-*

ciones volcánicas y metalíferas (18), ha expuesto, en efecto, una nueva teoría, que es la que admiten hoy casi todos los geólogos y de la cual puede formarse idea por los siguientes pasajes.

Los filones, dice, han sido grietas que se han llenado con posterioridad, como lo asentó Werner y lo admitieron los plutonistas; pero los hay de dos clases esencialmente distintas, que no deben confundirse. Están constituidos los de la primera por sustancias que á modo de concreciones van adaptándose á las paredes de las grietas y forman fajas simétricas, que consisten muchas veces en un agrupamiento de cristales, cuyas cúspides miran hácia la parte central de la veta, donde suelen presentarse geódas ó cavidades cubiertas de ellos. Los filones de la segunda clase están formados por rocas como los pórfidos, melafiros y basaltos, cuya materia, si bien como la de los primeros ha penetrado en grietas preexistentes, la llenan del todo, y la estructura en fajas no se observa sino de una manera poco distinta, de modo que apénas pueden diferenciarse las partes más cristalinas, que ocupan el centro, de las laterales, que lo son ménos. Estos últimos filones se designan con el nombre de *inyectados*, por el orígen que se les atribuye, y los otros reciben el de *concrecionados*, por su estructura y por la manera como se cree que fueron formándose.

Segun Elie de Beaumont la mayor parte de los filones metalíferos pertenece á la clase de los concrecionados; pero dice que tambien suelen encontrarse metales en los inyectados, así como en algunas masas irregulares de rocas eruptivas, y lo prueba, entre varios ejem-

plos, con los criaderos de hierro de la isla de Elba, los de cobre de la Toscana, del Lago Superior en la América del Norte y otros muchos, cuyos minerales están íntimamente relacionados con dichas rocas, cuando no pueden ellos mismos considerarse como tales.

Hace observar el propio autor que los metales, además de encontrarse entre la roca eruptiva del filon inyectado, se presentan á veces en la que le sirve de caja, cerca de la superficie de contacto; y como tambien dentro de la veta se concentra por lo comun el mineral metálico hácia los costados, opina que es una misma la causa que lo llevó del interior de la tierra á la grieta, que lo concentró despues cerca de las paredes de esta, y que lo hizo pasar, por fin, de la masa del filon á la roca adyacente. «Y puesto que las masas eruptivas, añade, »contienen á veces metales y los introducen en los ter»renos en que penetran, nada tiene de extraño que se »encuentren en los filones comunes, formados por incrus»tacion, que se hallan cerca de esas rocas eruptivas; pues »aun cuando los filones concrecionados y dichas rocas »constituyen dos clases distintas de masas minerales, no »puede negarse que existe entre ambas un enlace, que »pone de manifiesto la correlacion de los yacimientos y »la identidad de las sustancias metálicas que se encuen»tran en unos y en otras. Lo cual induce á creer que »esas sustancias que contienen los filones concreciona»dos proceden en su orígen de rocas eruptivas, si bien »no parece que se hayan introducido en el terreno de la »misma manera que lo hicieron aquellas, ni tampoco en »la forma en que lo verificaron los minerales al pasar de

»la roca eruptiva á las adyacentes: probablemente eso »tuvo lugar de un modo indirecto, y en general por un »fenómeno análogo al que presentan las aguas minera- »les, que vemos dejan concreciones en sus puntos de »salida, y deben dejarlas tambien en los canales por »donde corren.»

La importancia que ha tenido en la marcha de los estudios geológicos *la teoría hidrotermal*, que así se llama la imaginada por Elie de Beaumont, aceptada hoy por casi todos los geólogos, me ha decidido á exponerla aquí con más detencion que las ya abandonadas de Hatton y Werner, aun cuando me vea en la necesidad de omitir mucho y muy trascendental de lo que geólogos como De La Beche, Fournet, Lyell, Dana y Weissembach han escrito para dar á conocer los caractéres más importantes que presentan los criaderos metalíferos y las clasificaciones que con arreglo á ellos pueden hacerse. Hubiera sido, sin embargo, muy importante para mi objeto poder tocar este punto con alguna detencion, porque de los hechos culminantes en que difieren las tres teorías, neptúnica, plutónica é hidro-termal, no se deduce, á la verdad, cómo podré haceros ver la influencia de las acciones moleculares en la formacion de los criaderos metalíferos; mientras que bien pronto os convenceríais de lo contrario si me fuera dado extenderme algun tanto y manifestaros la manera cómo cada uno de los autores citados clasifica los criaderos metalíferos, segun su forma y posicion entre las rocas que constituyen la corteza terrestre, y cómo se dan cuenta de ciertos fenómenos que en ellos se observan: fenómenos que segura-

mente no explican sino de una manera incompleta las hipótesis admitidas.

La division más general que se hace de los criaderos es en tres clases: superficiales, estratificados, y no estratificados. Ni de los primeros, á que pertenecen los placeres auríferos, ni de los segundos, que comprenden las masas minerales depositadas en capas, á la manera que las demás del terreno en que se encuentran, debo hablaros aquí, por más que en ellos se hayan efectuado algunos fenómenos idénticos á los que se observan en los criaderos no estratificados, que son los que han dado y dan todavía orígen á muchas dudas, como lo confiesan los geólogos que de esta materia han tratado, y lo revela la variedad de apreciaciones que se nota en sus obras.

Lo primero que llama la atencion en ellas es la diferente manera de considerar los criaderos para separarlos en los dos grupos en que se subdividen los no estratificados; pues para unos no son *regulares* más que los filones ó grietas que se han llenado por el procedimiento hidrotermal, y llaman *irregulares* á todos los demás, incluso las *vetas de contacto*, ó sean aquellas en que la masa mineral está situada entre una roca eruptiva y la atravesada por ella: advirtiendo que este es el caso más frecuente y que esas vetas son, por lo general, las más abundantes y ricas, aunque por mucho tiempo se haya creido lo contrario.

Mientras unos, decia, solo tienen por criaderos regulares á los filones *concrecionados*, otros, como Weissembach, consideran que corresponden á esta clase las *vetas*

segregadas, en que los minerales que las constituyen, si bien tienen una estructura cristalina, no ocupan una grieta preexistente, sino que parecen haber tomado esa forma por la agrupacion de las sustancias que sucesivamente han ido separándose del lugar que ocupaban en las rocas adyacentes (19); y algunos, como Whitney (20), admiten además las que llaman *vetas incisas* ó á modo de cortadura (*gash weins*), cuya masa mineral ocupa, es verdad, grietas preexistentes, pero son de extension bastante reducida, no pasan generalmente de un miembro á otro de la formacion geológica en que se hallan, y no pueden llegar, por consiguiente, al límite inferior de la corteza sólida del globo, como parece que debia ser condicion precisa en los *concrecionados* y en los plutónicos ó de inyeccion, cuya masa eruptiva es la que, segun Elie de Beaumont, ha sacado del interior las sustancias metálicas que en las regiones inferiores ceden á las aguas termales, para que estas las depositen en las paredes de las grietas durante su tránsito hácia la superficie.

Y este es el momento de haceros notar, aunque no sea más que de pasada, la dificultad de concebir que esas aguas termales, que se supone corrieron de una manera análoga á la de las fuentes minerales que hoy conocemos, pudieran en su rápido curso depositar en gruesos y numerosos cristales las sustancias que traian disueltas, cuando sabeis que las principales condiciones para la cristalizacion son la lentitud y el reposo: así como tampoco es facil explicarse, cuando se siguen comparando los filones con nuestras termas, la precipitacion

sucesiva y alternada de las materias minerales que vienen disueltas desde el interior de la tierra, sobre todo si se tienen presentes los casos, que cita Burat, de filones en que no cabe duda alguna de que son contemporáneas todas las sustancias que constituyen dichas fajas: siendo buen ejemplo de ello el criadero de la mina «Ventura» en la sierra de los Santos, de nuestra provincia de Córdoba (21).

Y todavía sube de punto la dificultad cuando se quiere explicar por la teoría hidro-termal la variedad que presentan los verdaderos filones en la estructura, composicion y riqueza mineral de la masa que los constituye, no porque la grieta sea más ancha ó más estrecha, ni porque se comparen secciones correspondientes á muy distintas profundidades, lo cual podria ser natural confirmacion de la hipótesis, sino porque esas diferencias son marcadas y constantes siempre que cambia la naturaleza de la roca atravesada por el filon. Así, por ejemplo, Mr. Carne ha observado en el Cornwall cuán raro es que una veta productiva mientras atraviesa una roca continue siéndolo largo tiempo despues de haber entrado en otra, y tambien que los filones presentan cambios análogos en una misma roca segun es esta mas dura ó más blanda, mas hojosa ó más compacta (22). Y no sucede sólo en el Cornwall, pues hay en el Derbishire filones compuestos de mineral de plomo, zinc y cobre, que atraviesan capas alternantes de caliza y de diorita, cuyo mineral es abundante cuando las paredes de la grieta están formadas de caliza y se reduce á una delgada hebra cuando son de diorita: y no es que la grieta primitiva

fuera más estrecha en los puntos ocupados por la diorita, sino que la materia pétrea llena un espacio mayor, y las aguas, dice Lyell, de quien tomamos este hecho, no se han descargado tan libremente de su contenido metálico (23).

Segun Roberto Fox, á quien ántes he citado, la riqueza de los filones del Cornwall depende esencialmente de la naturaleza de la roca que atraviesan, y muchas veces por esta razon cambian bruscamente al pasar de una á otra: los que están cargados, por ejemplo, de mineral en el granito se vuelven improductivos en la pizarra arcillosa ó *killas*, y viceversa; obsérvase lo propio cuando el *killas* alterna con el pórfido llamado *elvan;* y á veces la misma vena contiene cobre mientras corre por el granito, y estaño cuando va por el *killas*, ó á la inversa (24).

Estos hechos extraordinarios y tan inexplicables por la teoría plutónica como por la hidrotermal, segun lo declaran geólogos como Lyell y De La Beche, hacen decir á este que la alteracion de los filones metalíferos cuando pasan de una especie de roca á otra, y aun al atravesar varias partes diversamente modificadas de la misma, le conduciría á pensar, de acuerdo con Fox, que su *forma»cion debe ser en gran parte atribuida á la accion lenta »pero poderosa de la electricidad.»* (25)

Al hacerse cargo, sin embargo, de la variedad de filones que se observan en el Cornwall, su juicio recto y profundo le mueve á preguntarse, si habiendo sido todos producidos por causas semejantes no era natural suponer que fuesen semejantes tambien los resultados. Es posible admitir, segun él, que las masas minerales que

llenaron las grietas hayan sido segregadas de las rocas adyacentes por acciones eléctricas; pero no es tan fácil comprender la razon de que atravesando las mismas rocas se encuentren filones llenos de sustancias metálicas diferentes; por más que su direccion haya podido tener una influencia considerable en las condiciones y en las combinaciones mineralógicas del mismo metal. No ménos grande es la dificultad en que confiesa hallarse para explicar las alteraciones que presentan las vetas al atravesar diversas rocas, si se acepta la idea de que la materia que llena las grietas ha sido introducida en ellas por inyecciones que vienen de abajo. Y en la imposibilidad de determinar cuáles sean los cambios que ocasiona en un filon y en las rocas de la caja el paso contínuo de la electricidad, produciendo los efectos de una poderosa batería galvánica, acaba por declarar que es muy poco lo que se sabe acerca de los filones metalíferos; «pero »siendo un hecho, dice, la diseminacion de las sustan- »cias minerales en las rocas, es incontestable que los »metales han podido ser una de sus primitivas partes »constituyentes; y así como se forman venas que se cru- »zan en todas direcciones, químicamente separadas de las »rocas donde se hallan, hay fundamento para pensar »que puede cualquiera de ellas contener los elementos »necesarios para determinar secreciones de sustancias »metálicas en una grieta, de la misma manera que el »carbonato de cal llena frecuentemente las hendiduras »de ciertas calizas, y las venas cuarzosas son comunes »en las rocas en que abunda la sílice (26).»

La autoridad de este eminente geólogo es indispu-

table, y como uno solo de sus asertos producirá en vosotros mayor convencimiento que la más estudiada de mis lucubraciones, despues de haberos indicado las dificultades que al autor del «*Arte de observar en geología*» se le ofrecen para explicar ciertos fenómenos que presentan los filones, quiero emplear sus propias palabras para deciros lo que pienso acerca de algunos de los criaderos irregulares; porque ninguno de los que han escrito despues se expresa con tanta claridad y precision.

«Cuando los minerales están *diseminados* en una roca, dice, como el estaño en el granito y las piritas ferruginosas en el trapp ó en las pizarras arcillosas, no es posible poner en duda que esas sustancias han formado parte de la roca desde su orígen, y que se han separado *químicamente* de la masa al consolidarse estas. Cuando los minerales metalíferos se presentan *en riñones*, como el cobre de Ecton en el Staffordshire, ó como el plomo de Sierra-Nevada en España, es difícil considerarlos de otro modo que como contemporáneos de las rocas en que están encajados. La presencia tambien de los metales en *venas*, *hebras* ó *filoncillos* que se cruzan en todas direcciones formando red, ó mejor dicho una maraña (*stokwerk* de los alemanes), recuerda las *venillas* y *pelos* de carbonato de cal en muchas piedras calizas; de donde debe deducirse que si esos minerales no son de la época misma en que se depositó la roca incluyente, se han separado de ella despues para llenar las grietas originadas probablemente durante su consolidacion (27).

Ya he dicho que Weissembach asigna á las vetas segregadas el mismo origen que De La Beche á los criade-

ros llamados irregulares; y Whitney, al hablar de las que denomina *vetas incisas*, ó sea de las que forman un tránsito entre las segregadas y los verdaderos filones, dice que pudieron llenarse de varios modos, segun su situacion en la serie de capas del terreno, pero principalmente por la infiltracion de las sustancias metálicas de la roca misma en que se hallan y que no pertenecen por lo regular á la clase de las metamórficas: atribuyendo, con razon, á esa circunstancia el carácter ménos cristalino de la masa mineral, y que no aparezca en ellas tan distinta la estructura fajeada que se ha creido exclusiva de los verdaderos filones.

No habreis podido ménos de notar, á pesar de la rapidez con que he tenido que dar á conocer las diferentes clases de criaderos metalíferos, que hay entre ellos un encadenamiento que no permitiria establecer divisiones marcadas en la serie que comienza con el mineral menudo ó groseramente diseminado en la roca, y sigue presentándose en ella en riñones, venas, masas y vetas segregadas; así como tambien que á todos estos se les atribuye un orígen idéntico, ó sea la agrupacion más ó ménos considerable, y bajo diferentes formas, de ciertas sustancias que existian en la roca incluyente.

Tambien habreis visto que entre todos esos criaderos, generalmente designados con el nombre de *irregulares*, y los filones *concrecionados*, están, como para establecer un enlace evidente, las vetas que Whitney llama *incisas*, y que si por la circunstancia de haber preexistido una grieta se dan la mano con los filones regulares, se asemejan en cambio á los otros criaderos por la mane-

ra como se han llenado estas grietas. Por último, hasta los mismos filones *concrecionados* de Elie de Beaumont, los filones tipos, los que algunos llaman verdaderos filones, que se cree van á terminar en las capas inferiores de la corteza sólida del globo, y se atribuyen á una accion hidro-termal; hasta en esos filones existe motivo para sospechar que no se han llenado exclusivamente con sustancias que procedan de las regiones inferiores, sino que una parte por lo ménos de la materia que los constituye ha debido ó ha podido ser suministrada por las rocas adyacentes, como lo declaran De La Beche y Whitney (28).

Para completar la escala de insensible gradacion que presentan los criaderos metalíferos os recordaré, en primer lugar, que Elie de Beaumont, si bien distingue perfectamente los filones *inyectados* de los *concrecionados*, dice que existe un enlace íntimo entre ambas clases, no solo por la identidad de las materias metálicas que contienen, sino porque estas, aunque no han penetrado en las grietas de la misma manera, tienen un mismo orígen; puesto que las sustancias que componen los filones verdaderos provienen de las rocas eruptivas, de donde las sacaron en disolucion las aguas termales procedentes tambien de la parte más profunda de la corteza terrestre, para irlas depositando en las grietas preexistentes al elevarse por ellas hasta la superficie. Pero este enlace de que habla Elie de Beaumont no parece establecer sino una analogía remota; y aun teniéndolo en cuenta se os presentarán á la imaginacion los filones *concrecionados* tan distintos de los *inyectados*, que no

creereis posible confundirlos: y en efecto, el que se fije en un criadero como el «Drei-Prinzén-Spat,» de las inmediaciones de Freiberg, con sus catorce fajas, llenas de cristales, perfectamente paralelas y simétricas, al lado de un *dyke* porfídico salpicado de granos de metal, como los hay en la misma localidad, no considerará admisible la analogía, ni ménos la confusion. Sin embargo, oid cómo se expresa Burat, que ha estudiado detenida y prácticamente el problema: «Los filones, que se han mirado »como la única manifestacion racional (así dice) de los »fenómenos metalíferos, no estan en realidad sujetos á »las reglas absolutas que se les habian asignado; y entre »el filon tipo de Sajonia y el criadero más irregular de »Toscana hay una serie que establece el paso insensi»ble de unos á otros y que demuestra que son todos ex»presiones diferentes de hechos análogos y de influencias »idénticas (29).»

Parece á primera vista que relacionándose todos los criaderos metalíferos hasta el punto de que los de una clase se confundan con los de otra, debería haber una teoría general que á todos los abarcase. No sucede eso, sin embargo, y aunque se acepte la posibilidad de que los criaderos irregulares, y aun ciertas vetas como las segregadas, se hayan formado por la agrupacion de las partículas diseminadas en la roca misma que los contiene, para darse cuenta de la formacion de los filones *concrecionados* se ha creido necesario recurrir á la accion de las aguas termales procedentes del interior de la tierro; porque no se consideraba posible explicar de otro modo la estructura fajeada, la formacion y agrupacion de cris-

tales, la presencia de ciertos cuerpos en cuya composicion entre el agua y las alteraciones que se notan en las superficies de contacto de las rocas incluyentes.

Admiten, pues, los geólogos: 1.° una teoría para los criaderos originados por la agrupacion de las partículas minerales deseminadas en las rocas, á cuya clase pertenecen los depósitos en forma de riñones, bolsadas, venas, stockwerks y vetas segregadas: atribuyéndose la agrupacion á reacciones químicas y acciones moleculares, sin expresar el origen de estas; 2.° otra para los criaderos verdaderamente plutónicos, entre los cuales se encuentran casi todas las vetas de contacto: dentro de cuya masa se admiten tambien agrupaciones moleculares; y 3.° la teoría de los filones verdaderos, ó sea los *concrecionados*, cuyos componentes han de venir del interior de la tierra, conducidos por las aguas termales que los traen en disolucion: y es de advertir que acerca del origen de esta clase de criaderos hay geólogos que se inclinan á admitir que la roca adyacente ha podido suministrar los materiales, como en los llamados irregulares y en las vetas *segregadas*. ¿Habría posibilidad de establecer una relacion más íntima entre esas tres clases de criaderos? Me inclino á responder de una manera afirmativa.

Mas ó ménos satisfactoriamente la teoría hidro-termal explicaba mejor que la plutónica muchos de los fenómenos que se observan en los filones y habia por tanto motivo para que fuese preferida á todas las demás; pero dejaba en pie grandes dificultades, entre otras la señalada por De La Beche acerca de la diferencia que se

nota en la composicion y estructura de los filones, segun la naturaleza y estado de la roca que atraviesan; y la de encontrarse en la masa que los constituye, al lado de sustancias en cuya formacion ha debido intervenir el agua, otras que solo habian podido obtenerse artificialmente por la via seca, á temperaturas muy elevadas. El ingeniero de minas francés Senarmont logró conciliar hasta cierto punto la segunda de estas dificultades, produciendo por medio del agua, y á una temperatura de 130 á 200 grados centígrados, los principales minerales que caracterizan los filones, entre otros el cuarzo y el hierro espático, la barita sulfatada y la plata roja (30). Pero lo que sobre todo vino á esforzar la teoría que supone idénticas las causas que dan orígen á los filones metalíferos y á los manantiales termales, fué el memorable descubrimiento hecho en las cañerías romanas de las termas de Plombieres, que hizo emprender una notabilísima serie de experimentos al ingeniero de minas Daubrée, quien dió cuenta de ellos en una memoria publicada en 1857 (31).

Refiere Daubrée que al practicar varios trabajos para reconocer y encañar algunos manantiales, cuyas aguas surgen á una temperatura de 70 grados centígrados, y contienen cortas cantidades de silicatos de potasa y de sosa y sulfatos de las mismas bases, se habia descubierto entre varias obras de mampostería, que contaban ya muchos siglos, una llave de bronce de la época romana cubierta de un sinnúmero de cristales de cobre sulfurado idéntico al de las minas del Cornwall. Asimismo, en ciertas cavidades de la argamasa que rodea los conductos por donde corria el agua á la piscina llamada «El baño Ro-

mano,» se encontró la *hialita* tuberculosa, transparente, que en nada se diferenciaba de la que contienen los basaltos. Con la hialita habia cristales perfectos de un silicato de hidrato de potasa y de cal, en las proporciones que constituyen la *apofilita:* siendo de notar que esta sustancia no aparece sino en las cavidades de la cal y nunca en las del ladrillo, donde por el contrario se presenta casi exclusivamente la *chabasia*, que es un silicato doble de alúmina y de potasa: advirtiendo que ninguna de estas sustancias se encuentra en el granito porfídico de donde surgen los manantiales de Plombieres.

El hecho es que ha bastado un agua tibia y apénas mineralizada para transformar la mampostería romana, y producir en ella cristales de silicatos hidratados que la naturaleza presenta en los filones y en medio de las rocas eruptivas; minerales que hasta hace poco se creia que no podian obtenerse sino por la via seca, á temperaturas extraordinariamente elevadas; y de los cuales algunos, como la apofilita, se habia logrado hacer cristalizar por la via húmeda, pero á una temperatura de 180 á 190 grados y bajo una presion de diez á doce atmósferas.

Daubrée, haciéndose cargo de lo que observaba, pensó que si habia bastado el agua tibia para producir semejantes efectos, estos deberían ser más considerables cuando fuertemente caldeada y contenida, sin embargo, por la presion de las masas superiores, circulase lentamente al través de ciertas rocas como por la argamasa de Plombieres, pero obrando sobre ellas á la alta temperatura que necesita la formacion de los silicatos anhi-

dros. El resultado de los experimentos que emprendió justificaron sus conjeturas, pues con ellos demostró que el agua, á una temperatura de 400 grados centígrados, y sometida á muy alta presion, no solo es capaz de hacer cristalizar el cuarzo, como lo habia reconocido ya Senarmont, sino tambien de producir y hacer cristalizar silicatos anhidros, como el feldespato, la piroxena diópsida, y la wollastonita, minerales que solo por la via seca se habia logrado formar artificialmente, á temperaturas mucho más elevadas que cuando se obtienen con la intervencion del agua.

No me permite el tiempo daros á conocer esos experimentos, ni las consideraciones geológicas que de ellos ha deducido su autor; tampoco puedo exponeros las que me ha sugerido su exámen, al tratar de encontrar nuevos hechos que demuestren la posibilidad de llegar á una síntesis de los fenómenos geológicos más completa que la que se ha logrado con la teoría hidro-termal, y debo limitarme por ahora á deciros que esta ha adquirido mayor importancia con los experimentos de Daubrée. Para este geólogo el henchimiento de la mayor parte de los filones metalíferos es un caso particular del metamorfismo de las rocas; y como esa teoría, admirablemente desenvuelta en una Memoria premiada por la Academia de Ciencias de París (32), es la que generalmente se acepta para explicar los fenómenos del metamorfismo, voy á ver si consigo resumirla en brevísimo espacio.

El calor interno del globo, dice, es la causa primera de los fenómenos metamórficos, pues las modificaciones que se observan en los terrenos así llamados han tenido

lugar, incontestablemente, á una temperatura más elevada que la que reina en la actualidad en la superficie de la tierra; pero razones muy poderosas hacen creer que el calor solo no basta para explicar las principales circunstancias de la transformacion de las rocas, entre otras la uniformidad y la extension del fenómeno llamado *metamorfismo regional*, pues el calor solo, obrando segun las leyes de la propagacion de este agente y en virtud de la poca conductibilidad de las rocas, habria producido en las partes lejanas efectos ménos enérgicos que en las inmediatas á la superficie de accion: tambien contribuye á demostrar la insuficiencia del calor sólo para producir el metamorfismo de las rocas, la presencia en estas de minerales que han cristalizado sucesivamente en un órden opuesto al que parecia indicar el respectivo grado de fusibilidad.

Se concibe, sigue diciendo Daubrée, que acciones lentas, como las que emplea la naturaleza para dar orígen á ciertas sustancias minerales, sean susceptibles de producir efectos que al hombre no le es dado imitar; pero no hay derecho para buscar exclusivamente en la duracion del tiempo y en causas vagas, ocultas, por decirlo así, explicaciones que de ninguna manera podrian justificarse.

El calor auxiliado por diversos vapores volcánicos permite dar razon de mayor número de fenómenos, pero no de ciertas circunstancias muy importantes, como la formacion de cristales de feldespato ó de granate entre las capas de rocas que apénas han sido modificadas, pues sería preciso atribuirles facul-

tades exageradas, que con gran fundamento han sido combatidas.

Es el agua el cuerpo más abundante y que más constantemente acompaña á las erupciones volcánicas en todas las regiones del globo, y tambien el que más influencia ejerce en los fenómenos metamórficos, así como en las mismas erupciones volcánicas; pues si bien es verdad que las lavas más calientes y más cargadas de agua, lo mismo que los basaltos y las traquitas, no modifican las rocas en un espesor notable, eso proviene, sin duda, de que tan luego como dejan de sufrir una presion mayor que la atmosférica, el agua puede escaparse transformada en vapor. Daubrée ha deducido de esto que la diversidad entre los efectos que producen el agua y el calor en los fenómenos volcánicos cerca de la superficie, y los que se observan en regiones muy profundas, solo proviene, al parecer, de la diferencia de presiones: y resume esa parte de su trabajo diciendo: *que puede suponerse con fundamento que el concurso del calor, del agua y de la presion, son capaces de producir los principales fenómenos del metamorfismo* (33).

Tales son las conclusiones de Daubrée, aceptadas por la Academia de Ciencias de París en 1859; pero en otro trabajo, debido al ingeniero de minas Delesse y premiado por la misma Academia diez años despues, se dice: «Que las causas del metamorfismo general ó regio- »nal son, segun lo habia hecho ya observar Elie de Beau- »mont, las que se encuentran cuando se penetra en el »interior de la tierra, es decir, el calor, el agua, la pre- »sion y *sobre todo las acciones moleculares* (34).»

Aunque no se expresa cuáles son esas acciones moleculares ni las causas que pueden darles orígen, parece indudable que se trata de las reacciones químicas y de los efectos de agrupacion, verdaderos transportes materiales de las moléculas, que en unos casos se han atribuido á la afinidad química, en otros á la fuerza cristalogénica, á la atraccion molecular y demás á que es preciso apelar cuando no se acepta el movimiento de la materia como fuerza única. De todos modos es de gran trascendencia aceptar como causa principal del metamorfismo regional las acciones moleculares; pues si Daubrée, apoyándose en sus experimentos, tuvo motivo para suponer que el concurso del calor, del agua y de la presion es capaz de producir los principales fenómenos del metamorfismo, tambien lo hay para decir, en vista de lo que la naturaleza pone de manifiesto en Plombieres, que esos mismos fenómenos pueden obtenerse sin una presion superior á la de la atmósfera y sin necesidad de acudir al calor central, puesto que han tenido efecto en una cañería romana, á una profundidad insignificante, y por la accion lenta pero contínua de una pequeñísima cantidad de agua cuya temperatura no excede de 70 grados.

¿Qué ha quedado, pues, en Plombieres de todo cuanto la teoría hoy admitida parece exigir para que se produzcan los fenómenos del metamorfismo? Solo la accion lenta del agua tibia, que teniendo en disolucion algunas sustancias ha obrado á baja temperatura sobre las que constituyen las cañerías y mampostería romana, produciendo cuerpos muy diversos segun los materiales que hallaba

al paso. ¿Y cómo explicar esas reacciones químicas, esas agrupaciones tuberculosas, esas cristalizaciones? En mi concepto por las *acciones moleculares* que Elie de Beaumont, Delesse y otros señalan como causas principales del metamorfismo. ¿Pero cuáles son esas acciones? ¿De qué provienen? He aquí lo que no dicen, que yo sepa, los autores de las obras más recientes sobre el metamorfismo, que han merecido la aprobacion de casi todos los geólogos del mundo; he aquí por qué he creido deber llamar vuestra atencion hácia este importantísimo poblema de la Geología, que es á mi juicio la clave de sus más intrincados arcanos; como lo prueba la definicion misma que se encuentra en uno de los autores aludidos al comenzar la obra en que relata los experimentos que le han conducido á sostener que el granito no puede haber sufrido una fusion ígnea, y que las rocas plutónicas son el efecto y no la causa del metamorfismo. Delesse, que es el autor á quien me refiero, dice: «Si se toma la palabra en su »acepcion más general, el metamorfismo comprende todas »las alteraciones que han sufrido las rocas, y abraza »fenómenos muy complejos, de los cuales gran parte es»tán todavía envueltos en la mayor oscuridad (35).»

Fácil sería probaros la verdad de este aserto si me fuera dado citar la opinion de los muchos geólogos que han escrito sobre el metamorfismo, desde Hutton, que fué el primero que trató de explicarlo, y Lyell, que le dió el nombre que lleva, hasta Daubrée y Delesse, á quienes se deben obras muy importantes que sobre esta materia se han publicado recientemente: sin olvidar algunos autores de tratados generales y de monografías, que co-

mo Brongniart (36), Gaudry (37), Hebert (38), etc, sin referirse especialmente al metamorfismo, ponen de manifiesto y tratan de explicar hechos que con él se relacionan.

Bien quisiera, apoyado en esas irrecusables autoridades, exponer á vuestra consideracion el crecido número de fenómenos geológicos que pueden referirse al metamorfismo, y todo cuanto induce á creer en la posibilidad de comprenderlos bajo una hipótesis que sustituya las explicaciones diferentes para cada uno que hoy dan los geólogos; pero es preciso renunciar á semejante idea y vuelvo á reanudar el hilo de mi discurso.

Os decia que en ningun autor habia encontrado la explicacion de eso que vagamente han denominado acciones moleculares, como causa principal del metamorfismo: y es tanto más de extrañar esa vaguedad en unos y el silencio absoluto de otros, cuanto que alguno de ellos ha citado los trabajos de Becquerel diciendo, que «desde »1823 habia demostrado la influencia de las acciones len»tas ayudadas por una electricidad á muy débil tension, »para precipitar combinaciones insolubles que imitan las »de la naturaleza (39).»

Esta manera de considerar las acciones eléctricas de molécula á molécula, muy distinta de las corrientes generales que trataron de buscar algunos geólogos y mineros ingléses, es tanto más digna de llamar la atencion, cuanto que la experiencia puede decirse que ha justificado todo lo que la razon hubiera podido dictar fundada en los conocidos efectos de la electricidad, tan múltiples como la variedad de las causas que la producen y de las

circunstancias en que se desarrolla y propaga. Cuando se consideran los resultados obtenidos por medio de la accion electro-química, desde que Nicholson y Carlisle descompusieron el agua y Davy extrajo el potasio y el sodio con la pila, hasta que Despretz obtuvo con el aparato de Ruhmkorff verdaderos cristales de diamante; y sobre todo cuando se fija la atencion en el copioso número de cuerpos cristalizados, idénticos á los que presenta la naturaleza, obtenidos por Becquerel y por Crosse, no parece razonable rechazar la idea de que pueda establecerse una teoría del metamorfismo fundada en las acciones electro-químicas y electro-dinámicas; pues aun cuando fuera dado prescindir de lo que con su envidiable lógica y estilo ha dicho Tyndall acerca de la influencia de la imaginacion en los estudios científicos (40), es innegable que no han tenido mayor fundamento muchas hipótesis que hoy sirven para explicar gran número de fenómenos físicos, puesto que tendria por base la experimentacion y los hechos en que abunda la historia de la Geología. No es mi ánimo acometer semejante empresa, pero ya que hemos llegado á este punto sí creo deber exponeros algunas consideraciones más, en las cuales os ruego fijeis vuestra atencion.

¿Que efectos habría que exigirle al agente ó agentes que hubiesen de producir los fenómenos del metamorfismo: desde la simple coloracion de una roca abigarrada hasta la formacion de una drusa de cristales de cuarzo; desde la agrupacion de las moléculas de un riñon de silex de la creta, hasta la que constituye las enormes bolsadas de galena de las Alpujarras; desde las venas de espato

calizo del marmol hasta las vetas segregadas metalíferas de Weissembach; desde la penetracion aparente de los guijarros estampados hasta la epigenia ó fosilizacion más complicada; desde la transformacion de la caliza compacta en sacaroide ó de la arenisca en cuarcita hasta la fusion del cuarzo en el granito; y, en fin, desde la delicada textura del ágata hasta las cristalinas y simétricas fajas de un filon tipo? ¿Qué movimientos, qué cambios han de haber experimentado las moléculas para que resulten tan variados efectos? Precisamente los que pueden producir las acciones electro-telúricas: es decir, efectos químicos, caloríficos, y mecánicos ó de transporte. Y digo que pueden producir y no que producen, porque nada quiero aventurar todavía, si bien la razon, apoyada en la experiencia, pudiera autorizarme á ello, como voy á tratar de demostrarlo.

No parece necesario insistir en que las corrientes eléctricas, las descargas, las acciones electro-dinámicas y la induccion producen efectos moleculares, químicos y mecánicos, porque eso ha sido ya reconocido por todos los físicos y geólogos. Los libros de los primeros estan llenos de ejemplos de reacciones químicas y de transportes de materia efectuadas por la accion lenta de la electricidad en el interior de la corteza terrestre; y los segundos apelan á esos efectos moleculares, ya químicos, ya mecánicos, para explicar muchos fenómenos geológicos, entre otros ciertos detalles de la formacion de los criaderos. Así se ve que Alcide d'Orbigny, al tratar de la fosilizacion en su reputado «Curso de Paleontología,» dice que

»las atracciones eléctricas y las afinidades químicas sumi-»nistran excelentes medios para explicar la sustitucion »en los fósiles, añadiendo que esas fuerzas ocultas son »más generales de lo que hasta ahora se ha creido (41).» Becquerel, por su parte, como ántes he indicado, consiguió reproducir, por procedimientos electro-químicos, epigenias y petrificaciones que jamás se habian logrado de otro modo (42); y Fournet habla de los fenómenos electro-químicos que resultan del contacto de una multitud de rocas diversas, cuando enumera las causas á que se han atribuido los criaderos metalíferos (43).

Lo contrario sucede con la accion calorífica que proviene de las corrientes ó descargas eléctricas, pues no tengo noticia de que jamás se haya explicado por medio de ella ningun fenómeno geológico; y sin embargo es uno de los efectos mas patentes y generales de la electricidad, ya sea dinámica, ya estática; y nadie negará, por cierto, que la pila y la máquina de Ruhmkorff son los aparatos que suministran artificialmente el calor más intenso que se conoce y de que podemos valernos en la industria y en nuestros experimentos. Pero en la corteza terrestre, se dirá, no hay pilas como las que han servido á Despretz para evidenciar que ninguno de los cuerpos conocidos puede dejar de quemarse, fundirse ó volatilizarse cuando se somete á la accion del arco voltaico: y si las hubiese no se producirian con ellas efectos que pudieran explicar los fenómenos metamórficos, que exigen como circunstancias esenciales la lentitud de la accion y lo circunscrito del espacio para que obre de molécula en molécula, como sucede en las agrupaciones, resultado

del transporte molecular, y en las reacciones químicas que van transformando un cuerpo en otro, para cuyas operaciones necesita la naturaleza el transcurso del tiempo.

¿Y será posible demostrar que sobre un punto microscópico pueden desarrollar las corrientes y descargas eléctricas muy pequeñas una accion calorífica intensa? En mi concepto no solo es dable conseguirlo por raciocinio y por analogía, sino que casi se ha evidenciado experimentalmente. Y para probarlo voy, Señores, á emitir una idea que encontrareis tal vez aventurada y que no me arriesgaría á exponer ante vosotros, por no incurrir en la nota de atrevido, si no abrigára el convencimiento de que hace un daño positivo al progreso de los conocimientos humanos la reserva que impone algunas veces el temor de hallar contradictores, ó de ser cogido en falta, cuando se trata de consignar un hecho ó de desenvolver un pensamiento que puede ayudar á esclarecer puntos oscuros de la ciencia: el hombre que á esta se dedica debe empezar por sacrificarle su amor propio.

Siempre han llamado mi atencion algunos fenómenos geológicos que el químico puede reproducir artificialmente en su laboratorio, pero empleando poderosos medios de accion, mucho más enérgicos que los que al parecer despliega la naturaleza, si bien, y esta es la idea que voy á desenvolver, la diferencia no consiste, tal vez, sino en que siéndonos dado percibir los efectos no sucede lo mismo con el *modus operandi;* porque nuestros sentidos no están dispuestos para distinguir y apreciar las cosas sino en limitada escala: desde el momento en que tenemos

que considerar algo muy grande ó muy pequeño, muy rápido ó muy lento, necesitamos valernos de instrumentos que aumentan la facultad perceptiva, y en la mayor parte de los casos solo con la imaginacion concebimos la realidad de los hechos, que no por eso dejan de ser ciertos.

Sin salir de la materia de que he venido hablando y concretándome al caso ya citado de las termas de Plombieres, os recordaré que en las cañerías romanas se encontraron varios cuerpos cristalizados, en condiciones tales que su formacion no podia explicarse por la teoría hasta entonces generalmente admitida. Efectivamente, algunos silicatos hidratados, que se habian considerado, por su presencia constante dentro de las rocas eruptivas, como de orígen plutónico, aparecen allí producidos por una accion en que el agua ha intervenido de una manera muy principal: y esa accion se habia verificado, como sabeis, á pocos metros por bajo de la superficie de la tierra y á una temperatura al parecer de 70 grados centígrados. Daubrée, al dar cuenta de este hecho, hace notar que si bien Woehler habia conseguido disolver en el agua uno de esos silicatos y que cristalizase por enfriamiento, tuvo que hacerlo á una temperatura de 180 á 190 grados y con una presion de 10 á 12 atmósferas: lo cual parecia justificar la idea de que son necesarias esas condiciones para producir aquella especie mineral cristalizada.

Ahora bien, ¿cómo explicar la contradiccion que aparentemente existe entre los datos científicos suministrados por Woehler y lo que vemos en la naturaleza? ¿Es

ó no verdad que para obtener la apofilita cristalizada por la via húmeda se necesita una temperatura de 180 grados cuando ménos, y una presion de 10 á 12 atmósferas? Lo primero que ocurre es contestar que no, puesto que se encontró el mismo mineral recientemente formado en condiciones en que no era fácil concebir concurriesen ni esa presion ni esa temperatura. Pudiera desaparecer, sin embargo, la contradiccion, analizando bien las condiciones en que obra la naturaleza, cuyas acciones infinitamente pequeñas, pero sin límite en su duracion, pueden conseguir resultados que sorprenden por su magnitud, á la manera que la integracion de los infinitamente pequeños del cálculo produce cantidades reales.

Bien pudiera, por tanto, llegarse en el presente caso á una conclusion análoga á la deducida por Tyndall, quien al examinar el orígen y próximo destino de las cataratas del Niágara, dice, hablando del derrubio ó desgaste producido por las aguas: «*El tiempo y la intensi-»dad* son los factores principales del cambio geológico, »siendo hasta cierto punto convertibles uno en otro. »Una fuerza débil obrando durante largos períodos y »otra intensa durante un corto espacio de tiempo, pue-»den producir aproximadamente los mismos resulta-»dos (44).» Y entre varios ejemplos notables con que prueba esta verdadera ley de las transformaciones de la materia en la naturaleza, no puedo ménos de citaros algunos en que se demuestra que otro de los factores de ella es el *espacio* en que actúa la fuerza.

La Esfinge de Egipto tiene ya su cuello de granito

parcialmente cortado por el menudo polvo que lleva en suspension el viento que lo azota. El *fuelle de arena*, inventado por Quincey, arroja por una estrecha hendidura un chorro de finísimas partículas de cuarzo, y concentrada la accion de cada una de ellas en un punto, no solo puede grabar el cristal en una fraccion de minuto, sino que se ha logrado agujerear por medio de este ingenioso aparato una lámina de corundo. «El fuelle de arena, dice Tyndall, es un ejemplo de concentracion de fuerza en el *espacio;* y la recíproca accion del pedernal y del acero evidencia tambien el mismo principio: el calor necesario para hacer saltar una chispa con una accion mecánica moderada debe, para producir fuego, encontrarse en su más alto grado de concentracion, y esta se realiza por el choque de sustancias duras. El espato calizo no podrá reemplazar al pedernal, ni el plomo sustituir al acero para obtener fuego por medio del choque; porque con las sustancias más blandas el *calor total* desarrollado puede ser mayor que con las duras, pero para producir la chispa el calor debe localizarse intensamente (45).» Esta localizacion de que habla Tyndall es la que voy á tratar de probaros que se obtiene en las acciones electro-caloríficas.

Todos saben que el platino y otros cuerpos que se tenian por infusibles dejaron de considerarse como tales desde el momento en que Sir Humphry Davy los colocó entre los dos polos de la enorme pila del Instituto Real de Lóndres; hoy que por el progreso de la ciencia es dable determinar los equivalentes químicos, térmicos y electrolíticos, y hallar la relacion para sustituir unos

por otros, no sería imposible demostrar que la accion química de los 2000 pares voltáicos de la pila que usó Davy no equivaldria, en un tiempo dado, á la cantidad de calor, ó mejor dicho, al número de calorías que se obtienen con el combustible que en el mismo tiempo consume un alto horno; y sin embargo, no se consigue fundir en aquel horno el alambre de platino que solo tardó algunos segundos en liquidarse colocado entre los polos de la pila; porque el arco voltáico de esta actúa cual poderoso soplete, que calienta y funde sucesiva aunque rápidamente las partículas de platino; mientras que la temperatura del alto horno no puede acumular en un punto dado todas las calorías que en él se desarrollan, y es impotente para fundir el platino, es decir, para producir en cada una de sus moléculas el número de vibraciones que necesita para pasar al estado de licuacion.

Y se comprueba que existe esta concentracion del efecto calorífico que produce la corriente eléctrica, y que con arreglo á la ley establecida por Joule es proporcional á la resistencia que encuentra en el conductor por donde se propaga, con solo que nos fijemos en que por la misma razon que si se aumentára el diámetro del alambre de platino expuesto á la accion de la corriente, llegaria un momento en que el calor producido por la pila no bastaria para fundirlo, si por el contrario se fuera disminuyendo á medida que decreciera la intensidad de la corriente eléctrica, la accion térmica continuaria y la fusion podria tener lugar: y esto que nos dice la teoría lo han confirmado los experimentos de Wollaston, quien

solo con el auxilio de un par voltáico de cortas dimensiones logró fundir el platino en hilos muy delgados.

Disminuyamos, pues, con la imaginacion el poder de la corriente eléctrica y el volúmen del cuerpo sometido á su accion hasta ponernos en las condiciones en que obra probablemente la naturaleza cuando produce los efectos que se consideran debidos á las acciones lentas, y se comprenderá que si en puntos infinitamente pequeños, en una palabra, sobre cada molécula, viene á obrar una de las innumerables corrientes eléctricas que se desarrollan en la corteza de la tierra, en aquel punto se producirá un efecto análogo, aunque en muy distinta escala, al que observaron Davy y Wollaston en sus respectivas pilas.

Así es posible darse cuenta de una multitud de fenómenos que no vemos producirse porque no tenemos instrumentos bastante delicados para hacerlos perceptibles á nuestros groseros sentidos; pero si hubiera un microscopio poderoso para ello, tal vez nos sería dado percibir la chispa eléctrica que puede originar el contacto de dos partículas de agua que tengan en disolucion sustancias de distinta naturaleza; así como tambien con un pirómetro que la imaginacion apénas concibe, mediríamos el calor producido por ese generador eléctrico-microscópico; calor que en ese punto casi matemático puede alcanzar, en mi concepto, la misma intensidad que en el arco voltáico de la pila donde consiguió Children fundir una barra de platino de dos líneas de diámetro, y que bastaria á producir de molécula en molécula todos los efectos alcanzados por Despretz, quien logró

liquidar masas considerables de platino y de paladio, reducir el silicio á un glóbulo que rayaba el vidrio, y soldar el carbon despues de haberlo fundido (46).

Admitida la posibilidad de los efectos caloríficos de las acciones eléctricas en la escala microscópica en que todos admiten ya los efectos electro-químicos para explicar las acciones lentas que obran en el interior de la tierra (47); demostrado que tambien tiene lugar el transporte material de las moléculas por las corrientes eléctricas, desaparecen las principales dificultades que presentan los fenómenos del metamorfismo regional y de contacto, y es posible explicar sin violencia casos tan notables como el de Blaue Kuppe, cerca de Eschwege, á que repetidamente se refiere Delesse en sus «Estudios sobre el metamorfismo (48).»

En este lugar, bien conocido de los geólogos, porque lo han descrito Leonhard, Haussmann, Daubeny, Ami Boué, Bernardo Cotta y otros, hay un conglomerado basáltico que encierra muchos y pequeños fragmentos de una arenisca abigarrada, cuyos bordes se encuentran vitrificados en el contacto con la roca eruptiva que les sirve de cimento. No siendo posible atribuir este efecto al basalto, porque el calor de tan reducida masa no hubiera sido capaz de fundir la de los fragmentos de arenisca, el distinguido geólogo de quien tomo la observacion, que por otra parte cree incontestable que una arenisca metamorfoseada hasta el punto de vitrificarse no ha podido ménos de sufrir un reblandecimiento, puesto que el cuarzo ha adquirido cierta plasticidad y los granos han desaparecido fundiéndose, ó por lo menos disol-

viéndose, exclama: «Hay que admitir que un agente más »sutil que el basalto ha penetrado en la arenisca y pro- »ducido en ella una fusion acuosa.»

Este agente es á sus ojos el agua, que con arreglo á la teoría hidro-termal, y usando las propias palabras de uno de sus más fervientes apóstoles, «es imposible que »hallándose caldeada por el calor central y dotada de »una fuerza expansiva considerable, deje de abrirse paso »hácia la superficie, atravesando todas las rocas que en- »cuentre; porque si bien es natural que elija las más »porosas, puede obrar tambien sobre las masas comple- »tamente impermeables: en este trayecto más ó ménos »prolongado por innumerables canales capilares, el »agua tiene que ser, á no dudarlo, un agente poderosísi- »mo para transformar rocas, engendrar silicatos anhidros »ó hidratados y otros minerales que por la via húmeda »se producen á la misma temperatura;» despues de lo cual llega á la superficie casi á la presion atmosférica y á una temperatura inferior á 100 grados (49).

Y yo pregunto: ¿sería más aventurado atribuir el fenómeno de Blaue Kuppe á la accion calorífica de las corrientes electro-químicas y electro-dinámicas, desarrolladas por esa misma agua infiltrada en la arenisca, por la diferente temperatura de las dos rocas que están en contacto, ó por cualquiera otra de las muchas causas que incesantemente dan orígen á corrientes análogas? La fusion acuosa, aceptada hoy por los geólogos, y su poderosa accion en el metamorfismo de las rocas, se funda en inducciones muy razonables, en analogías más ó ménos grandes; pero la fusion acuosa de rocas ó de mi-

nerales refractarios no se ha obtenido hasta el presente sino en ciertos experimentos en que se desarrollan acciones muy complejas, cuya marcha no se conoce y que solo pueden apreciarse por sus resultados, semejantes á los que se obtendrian con un fuego capaz de producir la fusion del cuarzo: resultados que no sin violencia es posible atribuir al solo hecho de elevar algunos grados la temperatura del agua que se halla en contacto con las rocas ó minerales; mientras que está al alcance de todo el mundo, en cualquier momento, producir esos efectos con las más débiles corrientes eléctricas. En los mismos experimentos de Senarmont, Voehler y Daubrée, que han servido para demostrar la posibilidad de producir silicatos anhidros y otros cuerpos por medio del agua caliente sometida á una fuerte presion, nadie puede asegurar que esos efectos no se deban en gran parte á la electricidad; porque es indudable que durante ellos han debido desarrollarse acciones eléctricas que, como sabeis, son susceptibles de provocar movimientos moleculares en la materia, ó mejor dicho, no pueden ménos de provocarlos. Es bien conocido, además, que esas y otras sustancias se obtienen á voluntad por las corrientes de la pila, y que de ellas se valieron Becquerel, Crosse y Despretz para conseguir efectos químicos y caloríficos sorprendentes, que hacen sospechar toda la influencia que dichas acciones ejercen en la naturaleza.

La teoría hidro-termal que, no me cansaré de repetirlo, explica mejor que ninguna otra de las conocidas varios fenómenos geológicos, está muy léjos de abarcar to-

dos los relativos al metamorfismo de las rocas y á la formacion de los criaderos metalíferos; y aun concretándose al metamorfismo regional y á los filones tipos ó *concrecionados*, á que principalmente se aplica en la ciencia, deja puntos muy oscuros, lo cual es de tenerse en cuenta para no aferrarse á ella ciegamente el dia en que se vislumbre el camino de formular otra que con más sencillez explique mayor número de hechos y permita agrupar fenómenos que hoy se tienen por heterogéneos, pero que hay motivo para creer que están íntimamente relacionados entre sí.

Podrá ser una quimera la tendencia á buscar la unidad de causa; pero es tan natural en el hombre que se dedica á cierta clase de estudios, que cada vez que pone en evidencia la identidad de dos hechos al parecer distintos y logra comprenderlos en la misma ley, cree haber dado un paso hácia la verdad absoluta: esa tendencia ha contribuido, como no podia ménos de suceder, á que la teoría plutónica fuese abandonada para adoptar la hidro-termal. Con arreglo á la primera era aceptable el supuesto de que el calor central sólo, directamente trasmitido por las rocas ígneas á las de sedimento, ocasionase en ellas el metamorfismo llamado de *contacto;* pero no podia admitirse sin violencia el mismo efecto á grandes distancias, y ménos aún cuando se interponia una roca no transformada entre la metamórfica y la plutónica que se suponia causa de la transmutacion. Los geólogos, en vez de imaginar una teoría para cada uno de los dos casos, estudiaron atentamente el problema, y este estudio condujo á algunos á reconocer que

las rocas eruptivas, léjos de ser la causa inmediata del metamorfismo, pueden considerarse como un efecto de este llevado al más alto grado de energía, y que la apariencia cristalina y aun vitrificada que algunos presentan, no es indicio positivo de haber sufrido la elevada temperatura que exigiria para fundirse el ménos refractario de sus componentes; sino que por el concurso del calor, del agua y de la presion pueden producirse los efectos químicos, los de plasticidad, agrupacion, cristalizacion y demás que se han logrado en los experimentos por dicho concurso (50).

Pero hay casos, como el de las termas de Plombieres, en que no se ha necesitado una presion mayor que la atmosférica, ni la temperatura que reina en las capas inferiores de la tierra, ni una gran cantidad de agua; y parecia lógico, segun se hizo al reconocer la insuficiencia de la teoría plutónica para explicar el metamorfismo de las rocas, buscar una hipótesis que conciliase este con los demás casos observados. No se ha hecho así que yo sepa, y los autores que conozco se limitan, unos á consignar que no siempre es indispensable la presion, ni necesita ser muy elevada la temperatura para producir con el agua sola esos múltiples efectos de disolucion, cristalizacion y fusion acuosa; otros á declarar que la naturaleza puede obtener por distintos medios los mismos resultados: que es como confesar, en los dos casos, que la teoría hidro-termal no es más que una hipótesis, y tan restringida que tratándose de fenómenos del mismo órden, casi idénticos, solo puede dar razon de algunos y es absolutamente inaplicable á los demás.

No ha sido mi ánimo combatirla al dirigiros la palabra, ni ménos pretender que se abandone, puesto que no hay todavía otra mejor que la reemplace; pero he creido del caso indicaros los puntos vulnerables que ofrece para haceros ver la gran importancia de las acciones moleculares, que admiten Elie de Beaumont y Delesse, é indicaros que esas acciones podrian muy bien ser originadas por las corrientes electro-telúricas, como lo sospecharon Fox, De La Beche, Virlet, Becquerel y d'Orbigny.

Y con efecto, en el caso más general del metamorfismo, en aquel en que mejor debieran llenarse las condiciones de una hipótesis, la hidrotermal no puede admitirse sin exagerar, por decirlo así, las propiedades de los cuerpos, sin atribuirles facultades que no les conocemos: por ejemplo, cuando se trata de explicar el metamorfismo regional, que abraza extensas comarcas y se observa á gran distancia de la pirósfera y de las masas eruptivas, con la interposicion algunas veces de formaciones geológicas no alteradas, es preciso suponer que el agua, atravesando los poros y grietas de las rocas, conserva, á pesar de la disminucion sucesiva de presion y temperatura, la facultad de reblandecer cuerpos que, como el cuarzo, exigen un grado de calor extraordinario para fundirse; la de descomponer otros sin reactivos, combinarlos, agruparlos, hacerlos cristalizar, etc. Y si bien es verdad que todo esto ocurre, puesto que se ha observado en muchos parajes cerca de la superficie de la tierra, tambien lo es que no se verifica en las mismas condiciones que en los experimentos con que se ha logrado reproducir artificialmente los fenómenos de la naturaleza por medio del

agua caliente, sino en otras en que faltan las principales de la teoría hidrotermal y se encuentran, por el contrario, todos los efectos debidos á las acciones moleculares, cuya intervencion principalísima ha reconocido Delesse: efectos todos que son capaces de producir las corrientes electro-telúricas.

Admitiéndose sin género alguno de duda que en la corteza terrestre existen numerosas causas que desarrollan la fuerza eléctrica, unas veces en estado de tension y las más en el dinámico; estando tambien probado que los cuerpos más aisladores dan paso á la electricidad, ó lo que es lo mismo, que la conductibilidad de los cuerpos es algunas veces muy débil, pero nunca absolutamente nula (51), la corriente eléctrica desarrollada por una causa cualquiera, como el contacto de dos rocas á distinta temperatura, la circulacion lenta del agua más ó ménos cargada de sustancias extrañas, el hecho mismo de producirse una grieta ó una falla por la contraccion ó el rescbalamiento de las rocas, la presencia entre las capas del terreno de un cuerpo orgánico, y otras mil; la corriente, digo, que una de esas causas origine, puede circular con más ó menos dificultad por toda la masa terrestre, buscando los mejores conductores, y solo cesará cuando, en virtud de la ley de la *indestructibilidad de las fuerzas*, vaya transformándose la accion eléctrica en otras que se manifestarán por efectos térmicos, químicos ó mecánicos.

Si, por ejemplo, encuentra á su paso muchas moléculas metálicas reunidas, hilos de agua ú otros buenos conductores, seguirá difundiéndose en forma de corriente

eléctrica; pero tan luego como llegue á un punto donde no pase sino con dificultad, por la resistencia que le oponga el cuerpo conductor, producirá un efecto calorífico que, segun la intensidad y tension del fluido eléctrico, el tamaño de la molécula, su naturaleza y la de los cuerpos que la rodean, será un simple calentamiento, una fusion, una volatilizacion ó una disociacion. Si la corriente eléctrica no solo encuentra resistencia para circular libremente, sino que detenida por la conductibilidad casi nula de los cuerpos llamados aisladores, se acumula en ellos, adquirirá una tension que puede llegar á producir una descarga eléctrica, sobre todo si tiene enfrente otra molécula cargada tambien de electricidad en estado de tension: verificándose este fenómeno con el desprendimiento de una chispa, es decir, que habrá un efecto calorífico acompañado de trasporte de materia ponderable. Si la corriente atraviesa, como debe ser el caso más frecuente, una serie de moléculas de agua, acidulada ó salina, por ejemplo, tanto en la masa de esta como en las moléculas de los cuerpos que se hallen en contacto con ella, siempre que esten en condiciones propias para la electrolisis, habrá reaciones químicas; y como ninguno de los cuerpos de la naturaleza, convenientemente tratado, resiste á la accion descomponente de la electricidad dinámica (52), es natural que hallándose los ácidos, las bases ó los cuerpos simples que resultan de la descomposicion en estado naciente, se verifiquen recomposiciones: y habiendo tambien transporte material de las moléculas en toda electrolisis, la formacion de nuevos cuerpos, la de las epigenias, pseudomórfosis y petrificaciones tienen

su natural explicacion. Todavía pueden ejercer de otro modo su accion las corrientes eléctricas en el interior de la tierra, ya cuando corren por cuerpos conductores en estado dinámico, ya cuando están detenidas y acumuladas en el de tension ó estático: y es el efecto de induccion que convierte en otros tantos imanes ó cuerpos electrizados las moléculas inmediatas, las cuales serán atraidas ó rechazadas y efectuarán un movimiento de transporte, si el medio en que se hallan lo permite.

Esta salvedad es casi innecesaria, porque son muchos y variados los casos que prueban la posibilidad de que, áun en los cuerpos más densos, ocurran esos transportes moleculares, aunque se hallen perfectamente solidificados. Por la electricidad, en efecto, explica Becquerel muchos fenómenos de *cementacion* que se observan en la naturaleza (53); y si se compara su sencilla y razonable teoría, con la que fundada en una serie de reacciones químicas, propone Plattner para explicar lo que algunas veces ocurre en la calcinacion de los minerales de cobre (54), no es posible dudar de la verdadera causa á que se deben los núcleos de este mineral, que con una riqueza hasta de 40 por 100 suelen encontrarse en el centro de los trozos de pirita ferro-cobriza calcinada en las teleras de Riotinto, cuyo contenido en cobre, cuando están crudos, no llega el 8 por 100 en los más ricos (55).

Pero insensiblemente me aparto de mi objeto, ó mejor dicho, sin salirme de él me extiendo en consideraciones que, por más que conduzcan á darle más fuerza, debo abreviar para no abusar de vuestra benevolencia: y con mayor motivo cuanto que me parece haber puesto fuera

de duda con lo dicho, que así como ha llegado á probarse que el calor solo no basta para darse cuenta de los fenómenos del metamorfismo; así como Delesse cree absolutamente necesaria la intervencion de las acciones moleculares para producir los efectos que se atribuyen al calor central, auxiliado por el agua y una presion considerable; no menor fundamento hay para asegurar que los fenómenos del metamorfismo regional y de contacto pueden explicarse sin necesidad de recurrir al calor central, ni á la presion que sobre el agua caldeada debe ejercer en las regiones inferiores la enorme masa de los terrenos que constituyen la corteza sólida del globo; y que pueden bastar las acciones moleculares, poderosamente auxiliadas ó provocadas por el agua, si se admite que deben su origen á la electricidad, cuyos efectos térmicos, químicos y dinámicos son de todos conocidos.

De buen grado entraría á examinar la posibilidad de aplicar á cada uno de los fenómenos que constituyen el metamorfismo de las rocas las consideraciones generales que acabo de hacer; pero quede ese trabajo para el dia en que aceptada la idea se trate de formular una teoría electro-telúrica: básteme decir ahora que algunos de los hechos culminantes del metamorfismo regional, como el de existir este más bien en las capas inferiores que en las superiores de la corteza terrestre, el de haberse notado que es más característico de las formaciones geológicas trastornadas, aunque sean modernas, que de las próximas á la pirósfera ó mas antiguas si conservan su posicion primitiva: esas circunstancias, repo, y otrasti

muchas, léjos de disminuir la influencia que atribuyo á las acciones electro-telúricas, apoyarian la hipótesis que fundada en ella quisiera establecerse.

Tambien debo renunciar en este momento á deciros la parte que á mi juicio han podido tener las acciones electro-telúricas en una multitud de fenómenos geológicos: como la formacion de los nódulos y fajas de pedernal en la creta, que tan diversamente aprecian Gaudry, Hebert y d'Orbigny; la de los granos de óxido de hierro, tan abundantes en el terreno terciario; el hierro oolítico, muy frecuente en el sistema jurásico; el litoide, propio del período carbonífero, y el geódico de los terrenos modernos; los riñones de fosfato de cal que aparecen en distintas épocas geológicas; la textura concéntrica de ciertas rocas y minerales calizos, desde la oolita que Virlet ha visto formarse sobre los huevos de una especie de mosca, hasta las pisolitas de ciertos manantiales, que llegan á perder la regularidad en fuerza de su mismo peso y volumen (56); la tendencia que tienen las rocas á tomar la forma esferoidal, muy comun en las eruptivas y en las que los trabajos de Delesse han puesto en la categoría de las metamórficas; el hecho curioso de los guijarros estampados, que han tratado de explicar los geólogos por acciones mecánicas ó químicas; las piedras de águila, septarias y otros fenómenos considerados durante mucho tiempo como juegos de la naturaleza; las ágatas, cuyas delicadas fajas tienen una regularidad y simetría en su colocacion que no es posible atribuir á filtraciones sucesivas por un orificio, imaginario las más veces. Habré de omitir tambien, por ahora, lo que pienso acerca de la in-

fluencia de las acciones eléctricas en la formacion de las pizarras cupríferas de Mansfeld, cuyos restos de peces confirman lo que ligeramente he apuntado acerca de la diseminacion de las sustancias metálicas en las rocas, lo que acerca de la fosilizacion de los animales y vegetales, de las epigenias y pseudomórfosis opinan Becquerel y d'Orbigny. Interesante sería tambien y, sin embargo nada diré acerca de la influencia que en la cristalizacion de los minerales pueden tener las acciones electro-telúricas, sobre todo en los elementos del granito y otras rocas eruptivas, así como tambien en las metamórficas y aun en las de sedimento más recientes: á cuyo órden de fenómenos pertenecen las dendritas y los filamentos ó alambres de metales, las hebras y la estructura radiada de una multitud de cuerpos. Dejaré de citaros, como comprobacion de lo que acabo de apuntar, ciertos fenómenos semejantes á los de la naturaleza que presentan los vasos porosos de las pilas de Daniell, donde podríais observar todas las formas que por la accion electro-química puede tomar una sustancia metálica, desde la de menudas y aisladas estrellas hasta la de perfectos grupos de cristales, y como intermedias las caprichosas arborizaciones, idénticas á las naturales, que son por decirlo así la imagen de las moléculas sorprendidas y detenidas en su camino, en el acto de ir pasando del estado de diseminacion al de concentracion; del de partículas imperceptibles que matizan la roca, al de espléndidos cristales que se destacan en la ya descolorida masa de aquella. Y, por último, tampoco insistiré en lo que De La Beche con su preclaro talento apuntaba hace medio siglo sobre la identidad de

los pelos, nudos y otras agrupaciones del espato calizo, que forman el veteado de los mármoles, y las venas, riñones y bolsadas metálicas que constituyen los criaderos irregulares: identificacion que llevó hasta el punto de suponerles el mismo orígen.

Pero si paso en silencio cuanto acerca de estos fenómenos me ocurre deciros, no me es dable hacer otro tanto por lo que respecta á los filones tipos, que Elie de Beaumont denominó *concrecionados;* porque de hacerlo así no llenaría el objeto principal que me propuse al dirigiros la palabra, tratando de probar la gran influencia que en mi concepto han tenido las acciones electro-telúricas en la formacion de los criaderos metalíferos.

Algunos geólogos han considerado los verdaderos filones como un caso particular del metamorfismo de las rocas, y les atribuyen un orígen hidrotermal análogo al de los depósitos de las fuentes minerales que hoy brotan en todas las regiones del globo, muy particularmente donde la presencia de rocas eruptivas y metamórficas y la dislocacion del terreno revela grandes trastornos geológicos; porque en esto y en algunas cosas más coinciden ambos fenómenos: pero difieren tanto en otras, que no puedo ménos de transcribiros la distincion que para explicar esas diferencias se ha visto obligado á hacer uno de los autores ántes citados, defensor del sistema en virtud del cual se hace venir del interior de la tierra los materiales que llenan las grietas de los filones y para nada se cuenta con la intervencion de las acciones moleculares.

«Se ha sostenido con razon, dice, que hay pocas sus-

»tancias insolubles cuando los disolventes circulan por »millones de litros; pero no debe inferirse de eso que los »minerales que forma el agua en el interior de las rocas »hayan sido depositados allí pura y simplemente por »efecto de una accion secular.

»Uno de los hechos más nuevos é importantes que »revela lo observado en Plombieres, es que, en general, »solo una parte mínima de los elementos constitutivos »de los minerales allí encontrados han sido conducidos »por el agua: los otros preexistian en la roca, y como »*obedeciendo á una tendencia enérgica á la cristalizacion*, »se han apoderado al paso de los que traia el agua segun »sus afinidades, de suerte que el mineral, por decirlo así, »se formó en el lugar mismo en que se halla.

»En los filones metalíferos, por el contrario, casi to- »do lo que se ha depositado en el canal por donde circula- »ba el manantial parece extraño á la roca que forma sus »hastiales.» Son, pues, dos efectos muy distintos de la misma causa, y su reunion en un mismo paraje, como en Plombieres, no deja la menor duda de este orígen comun (57).»

El saber, la experiencia y la autoridad del que ha escrito las líneas que preceden, y más que todo la circunstancia de ser una fiel interpretacion de los hechos, con arreglo á la teoría generalmente admitida del metamorfismo de las rocas y de la formacion de los filones, serían bastante á imponerme silencio y hacerme aceptar esta explicacion de lo que se observa en Plombieres; pero como por una parte la contradiccion me parece patente, y por otra puedo apoyarme en la autoridad no ménos res-

petable de geólogos como De La Beche, y en hechos con los cuales están conformes todos ó casi todos los demás que han escrito acerca de los criaderos metalíferos, no vacilo en manifestar que considero exacto cuanto se dice acerca del primero de los dos efectos atribuidos á la misma causa; pero el segundo no es, en mi juicio, sino una consecuencia de las ideas preconcebidas y arraigadas por efecto de la teoría plutónica, primero, y de la hidro-termal cuando se probó despues la insuficiencia de aquella.

Ambas establecen que los metales proceden siempre del interior de la tierra, y que siguen viniendo todavía de las regiones más profundas, ya envueltos en las rocas eruptivas, ya disueltos en las aguas termales; y á ese hecho principal se subordinan todos cuantos fenómenos geológicos van observándose. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que semejante supuesto, tomado en absoluto, estaría en abierta oposicion con lo que vemos en un sinnúmero de criaderos, como son todos aquellos en que, segun el autor del «Arte de observar en Geología,» «no es posible poner en duda que las sustancias que los constituyen formaban parte de la roca desde el orígen de esta,» y todos los que le han hecho decir «que es dificil considerarlos de otro modo que como contemporáneos de las rocas en que están encajados.»

Tampoco las *vetas segregadas* pudieron explicarlas Weissembach y los geólogos ingleses sino como una agrupacion de las partículas minerales diseminadas en las rocas que las contienen; y estos mismos geólogos, tan entendidos como prácticos, admiten otra nueva clase de vetas; las que Whitney llamó *incisas*, que no difieren de

los verdaderos filones sino en que las grietas preexistentes tienen límites marcados, y se han llenado posteriormente con las sustancias emanadas de las rocas inmediatas, puesto que no tienen comunicacion con la masa ígnea del globo, ni bajan á profundidades desconocidas: lo cual no obsta para que haya en ellos un principio de cristalizacion, y la misma tendencia á tomar la estructutu fajeada. Pero ¿que más? si los mineros y geólogos os dicen que esas cristalizaciones y esa estructura, que se pretende atribuir á un procedimiento de concrecion y forma el principal argumento en que se quiere apoyar el origen hidro-termal de los filones, lo tienen los criaderos verdaderamente plutónicos y las vetas de contacto, que no se sabe realmente á qué clase pertenecen, aunque figuran entre los criaderos irregulares. Por último, Fox, De La Beche, Carne, Fournet, Lyell y cuantos han descrito fielmente lo que han visto, os dicen que la estructura, composicion y riqueza de los filones tipos, está distribuida de manera que no es posible negar la influencia de la roca que constituye la caja del criadero, afirmando el segundo de ellos que es árduo el problema de averiguar el origen de los filones metalíferos, «pero que siendo un »hecho la diseminacion de las sustancias minerales en las »rocas, es incontestable que los metales han podido ser »una de sus primitivas partes constituyentes (58).»

Y es indudable que lo han sido, pues solo así se explica la existencia de todos los criaderos que no llegan á tocar con uno de sus extremos á las regiones inferiores de la corteza del globo. Si no tuviésemos á la vista esos depósitos metalíferos, para probar que las mismas cau-

sas que han diseminado abundantemente en las rocas el hierro y el manganeso, pudieron y debieron sembrar en ellas el arsénico, el cobre, la plata, el plomo y demás metales que se combinan fácilmente con otros cuerpos, la razon bastaria para hacernos ver que si las rocas de sedimento provienen, todas sin excepcion, de los materiales que componian la superficie del globo terráqueo al consolidarse, y de las que sucesivamente han ido saliendo del interior, todos los componentes de estas, inclusos los metales que arrastraban, deben encontrarse en aquellas, sin más diferencia que la que naturalmente ha de resultar de su escasez ó abundancia, de su peso específico, de su mayor ó menor fragilidad, de su aptitud más ó ménos grande para combinarse con otras sustancias, de todas sus propiedades físicas, en fin, que pueden haber contribuido á diseminarlos más ó ménos: sin que baste á contradecir cuanto estoy diciendo, el argumento, fuerte al parecer, de que en los terrenos no se encuentran los metales que constituyen un filon, sino á corta distancia de él; porque en primer lugar, nada tiene de extraño que las acciones moleculares, por la manera misma como efectuan la agrupacion de las partículas metálicas, hayan dejado la roca completamente exenta de ellas; además, está muy lejos de haberse probado experimentalmente que no contienen sustancia metálica ninguna las rocas que sirven de caja á un sistema de filones.

Es, pues, evidente para mí, que las sustancias metálicas, como los demás minerales que constituyen los criaderos, pueden estar diseminadas en toda clase de

rocas, lo mismo eruptivas que de sedimento, aun cuando aparezcan abundante y groseramente esparcidas en las primeras, escasa y finamente diseminadas en las segundas.

No encuentro tampoco clara y bastante justificada la explicacion de los dos efectos contrarios que, con motivo de lo que se ha observado en Plombieres, se atribuyen al agua caldeada; pues en primer lugar, no son dos sino tres los efectos, no confundiéndose, como no debe confundirse, la salida natural del agua, con la velocidad que traia, por las grietas del terreno, y su paso lento al través de la mampostería: además, necesitaria tener propiedades nuevas que desconocemos, ó estar en condiciones completamente diversas, que hubieran debido indicarse, para producir en unos casos manantiales como los que hoy surgen, y en otros los filones metalíferos.

En vez de suponer que el agua en el primero obra sobre las materias contenidas en las rocas de las grietas ó canal, excitando en ellas la tendencia que tienen á combinarse con las que trae en disolucion para formar cristales, y que en el segundo pasa inerte por otra grieta de la misma roca, limitándose á depositar en sus paredes las sustancias que traia en disolucion, parece más lógico creer que el agua, siempre que se encuentre en las mismas condiciones obrará de idéntica manera: y en los filones, como en los manantiales, ejercerá en todo caso alguna accion sobre las moléculas de los cuerpos en cuyo contacto se encuentra, si bien los efectos serán distintos cuando las circunstancias difieran esencialmente.

Fundado en esto y en lo que suele observarse en las fuentes minerales, me atreveria á asegurar que si se examinaran las grietas que en Plombieres dan salida á los chorros de agua, no se notarian en ellas los fenómenos observados en las cañerías romanas; porque la lentitud con que el líquido circulaba entre los poros y grietas de la mampostería, era un elemento favorable á las acciones moleculares. Creo, pues, que si en los filones, como dentro de las rocas eruptivas y en las metamórficas, encontramos transformaciones análogas ó idénticas á las de la mampostería romana de Plombieres, es porque las circunstancias han sido allí análogas ó idénticas tal vez. Por eso se concibe bien que la cristalizacion y agrupamiento más ó ménos simétrico de las sustancias que constituyen los filones se deba á una circulacion lenta de las aguas que penetren en las grietas por la parte superior, por la inferior, y por los poros y hendiduras de los costados; pero no parece posible que una corriente de agua rápida, como la de nuestras fuentes minerales, produzca esos efectos.

Ahora bien, si se admite con De La Beche, que es un hecho la diseminacion de las sustancias metálicas en las rocas, se comprenderá que al penetrar lentamente en las grietas de los filones las aguas que circulan por las hendiduras y poros del terreno, trayendo en disolucion las sustancias que en este se encuentran, al ponerse en contacto con las que, procedentes de otros lugares y cargadas de distintas sustancias, hay ya dentro de la grieta, *obedeciendo á esa tendencia enérgica* que se supone en los cuerpos para el caso de los manantiales y no

para el de los filones, se formarán primero agrupamientos y despues cristales. Pudiendo resultar lo mismo cuando llena la grieta repentinamente por una causa violenta, permanezcan despues en reposo las materias sólidas y líquidas que hubiesen entrado en ella, sometidas á las acciones moleculares que en su masa han de desarrollarse necesariamente, y á las ocasionadas por el contacto con las paredes de la grieta y con las sustancias que por ellas penetran.

No son ménos claras las razones que hay para que varíe la composicion, riqueza y estructura de las vetas, segun la naturaleza y estado de la roca que les sirve de caja; y desaparece tambien la confusion en que ponia á De La Beche la diferencia que se observa en los filones de varios sistemas que atraviesan el mismo terreno; pues siendo de época distinta cada sistema, distintas debian de ser las condiciones de las rocas, de las aguas que por ellas circulaban, y de las que por la parte superior ó inferior entraron en unos ó en otros.

En una palabra: admitiendo que los metales y demás sustancias que ocupan las grietas, así como las aguas que los han conducido, no provienen exclusivamente del interior de la tierra, sino de toda la masa que las rodea, desde la superficie hasta lo más profundo, y que ya por la entrada lenta y sucesiva de esas sustancias, ya porque una vez dentro la misma circulacion del agua y otras causas mencionadas han desarrollado acciones electro-telúricas, y con ellas los movimientos moleculares consiguientes, pueden explicarse todos los fenómenos de metamorfismo que presentan los filones, y

desaparecen las mayores dificultades que se encuentran en este árduo problema de la Geòlogía.

Si me fuera dado extenderme en el exámen de sus pormenores, lograria tal vez llevar á vuestro ánimo la conviccion de que las acciones electro-telúricas pueden ser la base de una teoría general del metamorfismo y por consiguiente de los criaderos metalíferos; conviccion que hizo nacer en mí el número prodigioso de hechos que confirman esa idea, y que mantiene vivo el mismo espíritu que animaba al P. Secchi, cuando contestando á los que le preguntaban si tenia pruebas de que existiesen en el interior de los cuerpos las rotaciones moleculares en que se funda la admirable teoría de la unidad de las fuerzas físicas, decia: «Pruebas directas »no tengo ninguna, puesto que esas rotaciones no pue»den verse ni palparse; pero abundan las indirectas y »eso basta, porque debe renunciar al estudio de la Filo»sofía natural el que no acepte sino demostraciones di»rectas y palpables (59).»

Por la enojosa aunque compendiada relacion que he hecho de los trabajos de algunos sábios, como Becquerel, Crosse y Despretz, habeis podido ver que no descansa solo en pruebas indirectas lo que sustento acerca de la parte que han podido tener las acciones electro-químicas y electro-dinámicas en muchos fenómenos geológicos; y que todo cuanto en estos se explica hoy por la atraccion molecular, las reacciones químicas, la fuerza cristalogénica, la accion directa de calor central ó la que este comunica á las aguas termales, pudiera referirse á las corrientes electro-telúricas, que son capaces de producir

todos los efectos químicos y caloríficos, de atraccion y de repulsion, de agrupamiento y cristalizacion que encontramos en las rocas metamorfoseadas.

Dando á estas acciones la debida importancia y no obstinándonos en querer que para los filones concrecionados vengan los metales sólo del interior de la tierra; admitiendo que para ellos, lo mismo que para los otros, *pueda* proceder de todas las rocas en que está abierta la grieta, hemos visto que desaparece la oscuridad que encontraba De La Beche al tratar de explicar el orígen de ciertas vetas. Asimismo, hechos tan contradictorios para la teoría hidro-termal como los que cita Burat, de filones en que las sustancias que los componen se encuentran separadas en fajas simétricas, no obstante lo cual es evidente que toda la materia existia en la grieta ántes de consolidarse, podrian explicarse, en mi concepto, como el caso general de la estructura en fajas simétricas y alternadas, por las acciones electro-químicas, teniendo presente la *ley de las masas* de Becquerel, segun la cual «siempre que dos ó más sales se hallen mezcladas en »una disolucion, aunque en cantidades definidas, no se »descomponen simultáneamente ni en relacion á su »mezcla, sino que la accion de la corriente se ejerce »primero sobre la que con más facilidad se descompone; »pero cuando la cantidad de las otras aumenta relativa- »tivamente, ó lo que es lo mismo, cuando la primera ha »disminuido por efecto de la descomposicion, la influen- »cia de la masa se hace sentir y puede empezar á des- »componerse otra con exclusion de la primera (60).» ¿No se concibe perfectamente con esta ley la reproduc-

cion alternada de fajas de la misma sustancia en los filones, en las ágatas, en ciertos nódulos y en otros fenómenos de agrupamiento molecular?

No ménos natural es la explicacion que, teniendo en cuenta la diferente conductibilidad de las moléculas que componen las rocas de un terreno, ó las sustancias minerales de un criadero y la diferente accion que la electricidad ejerce sobre cada cuerpo, segun se halle acumulada en estado de tension ó circulando en forma de corriente, podria darse de la presencia de cristales empotrados en sustancias que, como el cuarzo ó el feldespato, son ménos fusibles y solubles que la del mineral cristalizado: cuestion que se relaciona íntimamente con la estructura del granito y la cristalizacion de ciertos cuerpos, que ha solido verificarse en las rocas por un órden inverso al de fusibilidad de las sustancias que las componen.

Todavía se desconoce la causa de que los filones propiamente dichos corten casi siempre la estratificacion del terreno, mientras que los llamados *filones-capas* son relativamente escasos y pobres; hasta el punto de que los mineros suelen darles poca importancia y muchos geólogos no los admiten entre los filones tipos ó concrecionados. No hay razon, sin embargo, para que las mismas causas que originaron grietas transversales, rompiendo la cohesion de la materia que constituia las capas, dejaran de abrirlas paralelamente á su direccion, separándolas, es decir, venciendo menor resistencia. Y una vez abiertas, ¿por qué las aguas termales no depositaron en ellas con la misma abundancia y la misma

regularidad las sustancias metálicas que traian de las regiones inferiores? En mi concepto las grietas paralelas á la estratificacion debieron de ser por lo ménos tan frecuentes como las que la cortan; pero si como es probable el henchimiento se efectúa en gran parte por las filtraciones laterales, ni estas ni las acciones electro-telúricas pudieron ser comparables en ambas clases de grietas, pues á las de los filones que cortan la estratificacion concurre un número infinitamente mayor de canales por donde circulan las aguas cargadas de las sustancias que forman los minerales del criadero; y es natural que hayan sido por lo mismo más frecuentes y enérgicas las corrientes eléctricas producidas, ya por el movimiento de dichas aguas, ya por las reacciones debidas al contacto de los cuerpos que traian en suspension ó disueltos con los que formaban las capas del terreno.

Otro fenómeno difícil de explicar tambien con las teorías aceptadas es el de la mayor riqueza en los cruzamientos de los filones, punto donde es natural que haya habido un concurso mayor de acciones electro-telúricas.

No acabaria, faltando á mi propósito de no molestaros más tiempo, si me dejara llevar del deseo de seguir presentándoos ejemplos que demuestren la posibilidad de encontrar en esas acciones base para una teoría que explique mayor número de hechos geológicos que la hidro-termal.

Como en esta, *el agua* desempeñaria un papel muy importante en la nueva hipótesis, si fuera dado fundarla en los hechos apuntados y en otros muchos análogos

que he tenido que pasar en silencio; porque el agua no sólo es el cuerpo más abundante y más esparcido en la naturaleza, sino tambien el más adecuado por sus propiedades físicas para servir de vehículo á las moléculas materiales y de agente á una fuerza tan universal y poderosa como la electricidad. Sin ella serian ménos generales las acciones electro-telúricas; casi puede decirse que la vida inorgánica de la tierra, permítaseme la expresion, quedaria como atacada de parálisis, pero no enteramente extinguida, porque las acciones eléctricas pueden desarrollarse por otras causas y propagarse por otros medios.

Muy léjos está *la presion* de tener, con arreglo á las ideas que aquí expongo, la importancia que le atribuye la teoría hidro-termal, pues á la verdad no es posible dársela cuando se recuerda el caso mismo de las cañerías de Plombieres, donde se han verificado sin ella los fenómenos que más parecen exigirla; cuando se considera que en las cabezas de los filones metalíferos es donde precisamente ocurren más epigenias y pseudomórfosis; cuando se trae á la memoria el hecho notabilísimo de haberse formado cristales de cuarzo en varios ejemplares de esta sustancia amorfa despues de estar colocados en las colecciones, segun lo atestiguan Hermann y Gianini (61): la presion, por lo tanto, no es sino una de las muchas causas que cambian el régimen molecular de los cuerpos y desarrollan, por consiguiente, acciones eléctricas.

El calor sí es, á no dudarlo, una de las que más eficazmente han actuado en el metamorfismo de las rocas

y por consiguiente en la formacion de los criaderos metalíferos; pero examínese bien la serie de hechos que constituyen la historia de esta parte de la Geología y se verá á qué vicisitudes ha estado expuesta su influencia: desde que Hutton y los plutonistas atribuyeron á la accion directa del calor central las transformaciones que observaron en los terrenos llamados primitivos y en los que se hallaban en contacto con las rocas eruptivas, hasta que Elie de Beaumont, Delesse y otros han venido á demostrar que ese calor no puede transmitirse directamente sino por la accion del agua caldeada; desde que Senarmont produjo artificialmente por medio del agua y á una elevada temperatura los minerales característicos de los filones, hasta que Daubrée descubrió en Plombieres que bastaba que el agua tuviera 60 ó 70 grados centígrados para producir efectos análogos. Hay que convenir, pues, en que el calor es uno de los más eficaces agentes del metamorfismo, puesto que existen vastas comarcas cuyo terreno manifiesta haber sufrido un principio de fusion; más para que sea capaz de producir esos efectos, para que sea una verdadera accion calorífica la que ha transformado las rocas, como por ejemplo la arenisca en cuarcita, no hay que buscar siempre el orígen del calor en el centro de la tierra; porque su propagacion está sometida á ciertas leyes y, ya sea trasmitido directamente por las rocas eruptivas, ya por los vapores de varias sustancias, ó por el agua caldeada y comprimida, el calor central no producirá ciertos efectos sino en limitadas extensiones, como se observa en el metamorfismo de contacto; pero necesariamente ha de llegar debilitado é iner-

te á la distancia en que sería preciso que conservara toda su energía para ocasionar el metamorfismo regional. El P. Secchi, hablando de las acciones orgánicas en su obra tantas veces citada «La unidad de las fuerzas físicas» dice que los fisiólogos han demostrado que las combustiones internas se verifican en el interior de los músculos y no en el pulmon, como se creia antiguamente (62); de la misma manera sospecho que el calor que ha ocasionado los fenómenos metamórficos de la corteza del globo no se ha originado siempre en lo que para el presente caso pudiera llamarse el pulmon de la tierra, sino en cada uno de los puntos donde ha producido su efecto, es decir, donde ha podido y debido desarrollarse una accion electro-telúrica.

En cuanto á *las acciones moleculares,* que unos no mencionan siquiera entre las causas cuyo concurso es capaz de producir los fenómenos metamórficos de los manantiales termales y de los filones metalíferos; que varios, como Delesse en 1865 (63), reconocen que han contribuido, pero solo como causas secundarias, á formar las rocas y metamorfosearlas; y que otros, en fin, como Elie de Beaumont y el mismo Delesse en 1869 (64), consideran ya como causa principal del metamorfismo general ó regional; en cuanto á las acciones moleculares, digo, ya habeis podido observar la influencia extraordinaria que en mi concepto han tenido en todos los casos que os he citado y en otros más que hubiera podido mencionar; porque á donde quiera que hay materia alcanza su poder y ningun fenómeno físico ocurre en la naturaleza sin que se desarrolle electricidad; y esta, lo habeis visto tambien,

produce todos los efectos químicos, térmicos y mecánicos que suelen designarse con el nombre de acciones moleculares.

¿Y por qué, me direis, atribuir á la fuerza eléctrica todo lo que hasta aquí ha venido explicándose por atracciones moleculares, repulsion eléctrica, afinidad química, fuerza cristalogénica y otras? Podria contestaros en breves palabras diciendo que no es posible haber alimentado el espíritu durante largos años con la lectura de las obras de Grove, Tyndall, Secchi y demas que han escrito sobre la correlacion de las fuerzas físicas unos, sobre la unidad de estas mismas fuerzas otros, sin sentirse inclinado á considerarlas todas como simples modos del movimiento de la materia. Podría confesar sin embarazo alguno que ha hecho una impresion profunda en mi ánimo la obra de Felix Marco titulada, «La unidad dinámica» (65), en que la electricidad se considera como el resultado de un desequilibrio en la presion y densidad de la atmósfera etérea que, segun la Física moderna, rodea á las moléculas que constituyen la materia ponderable, animadas de un movimiento de rotacion y de traslacion, ni más ni ménos que vemos sucede en el universo planetario (66). Pudiera alegar que cuando físicos muy distinguidos han llegado á atribuir, no sin fundamento, la luz y el calor solar que recibimos á las descargas eléctricas incesantes que tienen lugar entre la fotósfera del sol y su masa interna (67), bien puedo hacer derivar de la electricidad las acciones que intervienen en el metamorfismo de las rocas, en vez de considerar aquella como una fuerza secundaria, segun lo han pretendido algunos geó-

logos, solo porque el calor, la presion y otros modos de la fuerza engendran electricidad; como si esta, á su vez, no diera orígen á esas y á todas las demas manifestaciones del movimiento de la materia.

Pero no quiero encerrarme en ese baluarte inexpugnable, ya que en todo mi discurso he procurado atenerme siempre á la doctrina que todavía se consigna en los tratados generales de Física, aunque no sin reconocer y declarar que el dia que la ciencia mande relegar á las páginas de su historia el método que hoy se emplea para explicar los fenómenos naturales, ese dia alcanzarán mayor fuerza las consideraciones que hoy tengo la honra de exponeros.

Y volviendo á las razones que me han decidido á considerar la electricidad como causa de las acciones moleculares que actúan en el metamorfismo y en la formacion de los criaderos metalíferos, cuando esas acciones parecen debidas unas veces á la afinidad química, otras á la atraccion de la materia, á la fuerza cristalogénica, al calor, á la capilaridad, etc., es porque ninguna de dichas fuerzas por sí sola es capaz de producir los diversos efectos que requieren los fenómenos del metamorfismo, mientras que la electricidad todos los produce. Para obtener las reacciones químicas que exige la transformacion de ciertos cuerpos no se necesita la presion; el transporte de una molécula es dable conseguirlo sin el calor; es innecesaria la afinidad en ciertos fenómenos de fusion y la fuerza cristalogénica solo parece obrar en determinadas agrupaciones; pero ninguno de esos efectos puede tener lugar sin que haya un desarrollo de electricidad, que en

muchos casos nos hemos acostumbrado á considerar como consecuencia de ciertas acciones, pero que pudieran muy bien no ser sino efectos correlativos de otra causa más general. De todos modos, aun cuando esto no sea exacto, lo que no puede negarse es que la electricidad ya engendrada es capaz de producir todos los efectos que requiere el metamorfismo de las rocas y la formacion de los criaderos; que siempre que las moléculas de los cuerpos simples ó compuestos pierden su posicion natural de equilibrio por una causa cualquiera hay produccion de electricidad (68): es, por lo tanto, evidente que no hay momento ni lugar en la corteza del globo en que no se desarrollen acciones electro-telúricas.

Y no os asalte el temor de que la pequeñez de los efectos producidos por esas acciones sea ineficaz las más veces para conseguir determinados resultados y que estos sean muy diversos; porque precisamente en la diversidad de esos efectos, en la incertidumbre, por decirlo así, de lo que sucederá en cada caso, está la razon de la variedad de fenómenos que nos presenta la naturaleza en el metamorfismo: si esos efectos fueran constantes, si sobre cada molécula obrara siempre una corriente eléctrica capaz de fundirla, de descomponerla ó de transportarla, los fenómenos metamórficos se producirían con la rapidez con que los obtiene el químico en su laboratorio y perderian el caracter que deben á la lentitud con que se forman. Precisamente porque no son siempre bastante fuertes para producir efectos intensos, precisamente porque unas veces no pueden ser caloríficos sino mecánicos ó químicos, y viceversa, es por lo que esos efectos son va-

riados y lentos: se necesita una reunion de circunstancias para cada clase de fenómenos y por eso no se verifican sino cuando esas circunstancias se reunen.

En cuanto á la idea de que puedan ser ineficaces por su pequeñez, desechadla tambien, porque así como una inmensa serie de generaciones de animales pequeñísimos ha conseguido edificar monumentos de piedra, ante los cuales son verdaderos juguetes las más grandiosas construcciones humanas, así las casi imperceptibles corrientes eléctricas que surcan la corteza del globo pueden, por su número y continuidad, hacer transformaciones á que no alcanza el hombre con los más poderosos recursos que le suministra la ciencia, que la naturaleza misma no sustituye, pero cuando prefiere darnos muestra de su poder cambiando la faz de la tierra por medio de terribles cataclismos.—HE DICHO.

NOTAS.

AUTORIDADES A QUE SE HACE REFERENCIA.

(1) *Teorías modernas de la Física.* Unidad de las fuerzas materiales, por D. José Echegaray, pag. 49 de la segunda edic. Madrid, 1873.

(2) *Résumé de l'Histoire de l'Electricité et du Magnetisme*, par MM. Becquerel et Ed. Becquerel, pag. IX. Paris, 1858.

(3) *Eléments d'Electro-Chimie appliquée aux Sciences naturelles et aux Arts*, par Mr. Becquerel, 2.e edit., lib. III, chap. 5, pag. 340. Paris, 1864.

(4) *L'Unité des forces physiques.* Essai de philosophie naturelle, par le R. P. Secchi, pag. 382. Paris, 1869.

(5) Secchi, loc. cit., pag. 504.

(6) Id. id., pag. 557.

(7) *Becquerel et Ed. Becquerel.* Résumé de l'histoire, etc., pag. 230.

(8) *Becquerel et Ed. Becquerel.* Résumé, etc., pag. 89.

(9) *Histoire des progrès de la Géologie* par Mr. le Vicomte d'Archiac, tome 1.er, pag. 132. Paris, 1847.

(10) *Traité d'Electricité et de Magnetisme* par MM. Becquerel et Ed. Becquerel. Tome 2.e, pag. 187. Paris, 1855.

(11) *Traité experimental de l'Electricité et du Magnetisme*, par Mr. Becquerel. Tome 5.e, première partie, pag. 201. Paris, 1837.

(12) *Note sur quelques phénomènes de déplacements moléculaires qui se sont opérés dans les roches posterieurement à leur dépôt*, par Mr. Virlet d'Aoust. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 2.e série, tom. 2.e, pag. 207. Paris, 1845.

(13) *Mémoires lus à l'Académie de Marseille* en 1830, 1831 et 1832, par Mr. H. de Villeneuve. Fournet. *Etudes sur les dépôts métallifères*, pag. 45. Paris, 1834.

(14) *Les Mondes.* Revue hebdomadaire *par l'Abbé Moigno*, tom. 2.e, pag. 101, Paris, 1863.

(15) *Explication de Playfair sur la Théorie de la Terre par Hutton.* Traduit de l'anglais, par C. A. Basset, pag. 256. Paris, 1815.

(16) *Etudes sur les depôts métalifères*, par M. J. Fournet. Paris, 1834.

(17) *Théorie des gîtes métallifères*, etc., par Amédée Burat. Paris, 1845, 46.

(18) *Note sur les émanations volcaniques et métallifères*, par Mr. Elie de Beaumont. *Bull. de la Soc. Géol. de France*, 2.e série, tom. IV, pag. 1249. Paris, 1847.

(19) *The metallic Wealth of the United-States*, by J. D. Whitney, pag. 44. Philadelphia, 1854.

(20) Whitney, loc. cit., pag. 48.

(21) *Burat: Etudes sur les mines* (Supplément), *Description de quelques gîtes métallifères*, etc., pag. 152. Paris, 1846.

(22) *Manuel géologique*, par H. T. de La Bêche. 2.ᵉ edit. Londres, 1832. *Traduction francaise*, par Mr. Brochant de Villiers. Paris, pag. 670.

(23) *Manuel de Géologie élémentaire*, etc., par Sir Ch. Lyell. Traduit par Mr. Huggard, 5.ᵉ edit., tom. 2.ᵉ, pag. 489. Paris, 1857.

(24) *Lyell*, loc. cit., pag. 489.

(25) H. T. de la Beche, loc. cit., pag. 670.

(26) Id. id., pag. 672.

(27) Id. id., pag. 669.

(28) *Whitney*, loc. cit., pag. 62.

(29) Burat, *Théorie des gîtes métallifères*, etc., pag. 15.

(30) *Expériences sur la formation artificielle par voie humide de quelques espèces minérales*, etc., par Mr. de Sénarmont. *Annal. de Chim. et de Physique*, tom. 28, pag. 693. Paris, 1849.

(31) *Observations sur le métamorphisme et recherches expérimentales sur quelques uns des agents qui ont pu le produire*, par Mr. Daubrée. *Annales des Mines*, 5.ᵉ série, tom. 12, pag. 289. Paris, 1857.

(32) *Etudes et expériences synthétiques sur le métamorphisme, et sur la formation des roches cristallines*, par Mr. Daubrée. *Ann. des Mines*, 5.ᵉ série, tom. 16, pag. 155 et 393. Paris, 1859.

(33) Daubrée. *Etudes et expériences*, etc., pags. 422 á 433.

(34) *Etudes sur le métamorphisme des roches*, par Delesse, pag. 4. Paris, 1869.

(35) *Etude sur le métamorfisme*, par Mr. Delesse. *Annales des Mines*, 5.ª série, tom. 12, pag. 90 Paris, 1857.

(36) *Essai sur les orbicules siliceux, et sur les formes à surfaces courbes, qu'affectent les agates et les autres silex*, par Mr. Brongniart. *Ann. des Sciences naturelles*, tom. 23. Paris, 1831.

(37) *Sur l'origine et la formation des silex de la craie*, etc., par Albert Gaudry, Paris, 1852.

(38) *Théorie chimique de la formation des silex et des meulières*, par Paul Hebert. Paris, 1864.

(39) Daubrée. *Etudes et expériences*, etc., pag. 215.

(39 bis.) Becquerel. *Eléments d'Electro-Chimie*, etc., pag. 371.

(40) *La Física nueva*. Estudios y Observaciones, por J. Tyndall, pagina 16. Barcelona, 1876.

(41) *Cours élémentaire de Paléontologie et de Géologie Stratigraphique*, par Mr. Alcide d'Orbigny: vol. 1.°, pag, 56. Paris, 1849.

(42) Becquerel et Ed. Becquerel. *Traité d'Electricité*, etc., tom. 2.ᵉ, pág. 187.

(43) Fournet, loc. cit., pag. 7.

(44) Tyndall. *Observaciones sobre el Niágara. La Física nueva*, p. 207.

(45) Tyndall, loc. cit., pag. 211.
(46) Becquerel et Ed. Becquerel. *Traité d'Electricité*, etc., tom. 1.er, pag. 329.
(47) Becquerel. *Eléments d'Electro-Chimie*, etc., pag. 428.
(48) *Annales des Mines*, 5.e série, tom. 12, pag. 253 et 279.
(49) Daubrée. *Observations sur le metamorphisme*, etc., pag. 325.
(50) *Recherches sur l'origine des roches*, par Delesse, Paris, 1866.
(51) Secchi, loc. cit., pag. 474.
(52) Id. id., pag. 317.
(53) Becquerel. *Eléments d'Electro-Chimie*, etc., pag. 400.
(54) *Traité Théorique des procédés métallurgiques de grillage*, par C. F. Plattner. Traduit par A. Fetis, pag. 201. París et Liege, 1860.
(55) *Memoria sobre las Minas de Rio-Tinto*, por D. A. L. Anciola y D. Eloy de Cossío, págs. 80 y 94. Madrid, 1856.
(56) *Prodrome de Géologie*, par Alexandre Vezian, tom. 1.er, pág. 500. Paris, 1862.
(57) Daubrée. *Etudes et expériences synthétiques*, etc., pag. 450.
(58) H. T. de La Bêche, loc. cit., pag. 672.
(59) Secchi, loc. cit., pag. 546.
(60) Becquerel et Ed. Becquerel. *Résumé de l'Histoire de la Electricité*, etc., pág. 218. Becquerel. *Eléments d'Electro-Chimie*, etc., pag. 234.
(61) Delesse. *Origine des roches*, pag. 15.
(62) Secchi, loc. cit., pag. 586.
(63) Delesse. *Recherches sur l'origine des roches*, pag. 13.
(64) Delesse. *Etudes sur le métamorphisme des roches*, pag. 4.
(65) *L'unité dynamique des forces et des phénomènes de la nature ou l'atome tourbillon*, par Félix Marco. Paris, 1875.
(66) Secchi, loc. cit., pags. 634 et 686.
(67) Felix Marco, loc. cit., pag. 156.
(68) Becquerel. *Eléments d'Electro-Chimie*, etc., pag. 183.

7-bi

CONTESTACION

AL DISCURSO ANTERIOR

POR EL

EXCMO. SR. D. JOSÉ DE ECHEGARAY,

ACADÉMICO DE NÚMERO.

Señores:

A la manera que en la vida se eslabonan tristezas y placeres con tan pertinaz alternativa y tan rigurosa sucesion, que es imposible decir si viene cada placer á consolarnos de una pasada tristeza, ó si cada tristeza es el término natural de un agotado placer, así en nuestra docta Academia actos como este, á que por obligacion ineludible concurro, han sido siempre, y es el de hoy, mezcla de ambos sentimientos, pues á la vez en él se consagra una cariñosa pero triste memoria al compañero que nos dejó, y se saluda con alegría y esperanza al nuevo compañero.

Don Ramon Pellico, director que fué de la Escuela de Minas, profesor de la misma, y distinguido y laborioso ingeniero, terminó su existencia noblemente consagrada á los deberes de su profesion, dejando muchas y relevantes pruebas de su talento y de su constancia científica; y ya que no repita elogios que acabais de oir, y que

su recuerdo ha merecido del nuevo académico, porque fuera antes empequeñecerlos que exaltarlos, séame permitido asociarme á ellos, como seguro estoy que á ellos se asocian todos los miembros de esta Corporacion, en cuyo nombre por honra inmerecida, hablo en este momento.

La muerte del Señor Pellico dejó un vacío entre nosotros, y la Academia con acertadísimo acuerdo supo llenarlo, eligiendo para el puesto vacante al Sr. D. Manuel Fernandez de Castro, cuyos notables trabajos y elevadas concepciones, sobre varios puntos de las ciencias físicas y naturales, todos conoceis, y cuyo invento ingeniosísimo para evitar choques y accidentes en las vias férreas mereció público aplauso, á la vez que justísimas y honrosas recompensas, y aun es posible que haya sido preludio cierto, aunque anticipado, de nuevas y trascendentales reformas en la explotacion de los ferro-carriles. Pero inútil es que yo enumere y encarezca los merecimientos de quien, léjos de ser advenedizo sin nombre y sin escudo, que haya menester de patrocinio en este momento, tiene ya nombre digno de respeto y consideracion, y gloriosos timbres en buena lid, en la mejor de todas, conquistados: en la lid del trabajo y en el palenque de la ciencia.

Debo pues, dar punto á encarecimientos innecesarios de méritos bien conocidos, y limitarme á saludar cordialmente á nuestro nuevo y dignísimo compañero. Con esto, y con muy breves frases sobre el notable trabajo del Señor de Castro, habré terminado esta grata mision, si no en la forma que apetece mi deseo, al ménos en los límites á que mis fuerzas alcanzan.

Curioso en extremo, de gran importancia bajo el punto de vista de la ciencia pura, y aun quizá para la práctica de la minería, y en todo caso digno de estudio y meditacion, es el problema que el Señor de Castro aborda en la interesante y atrevida Memoria que acabais de oir. Y digo atrevida y digo interesante, porque de lo uno y de lo otro tiene, y mucho de ambos, su nueva teoría sobre el metamorfismo de las rocas, la formacion de criaderos metalíferos, y la influencia que el movimiento molecular provocado por las corrientes electro-telúricas ha debido ejercer, y aun hoy mismo ejercerá, en ambos fenómenos geológicos.

A uno y á otro problema, es decir, al del metamorfismo y al de la formacion de criaderos metalíferos, comprende el Sr. Castro en una misma solucion; porque en verdad que lógicamente, así la descomposicion y recomposicion de los elementos de las rocas, como la agrupacion de moléculas diseminadas en ellas, ó en ellas introducidas, son acciones del mismo órden, si á la influencia eléctrica se atribuyen ambos efectos, y solo diferirá uno de otro en la forma geométrica del fenómeno, no en su íntima naturaleza física. Allá, en un caso, la electricidad habrá formado cristales agrupando moléculas semejantes; aquí, en otro, habrá reunido moléculas metálicas á lo largo de determinada línea ó superficie; pero en el fondo ambas cosas serán idénticas, y cada cristal vendrá á ser un pequeño filon, y cada filon un cristal embrionario y enorme; y uno y otro, agrupaciones en reducidos espacios de elementos mineralógicos antes dispersos en espacios mayores. Ocupémonos, pues, solamente de la formacion de

los criaderos metalíferos, ya que para el distinguido autor de la memoria á que contesto y para su objeto, tanto da estudiar este caso como el general de las transformaciones internas y moleculares de las masas geológicas.

Muchas, pero sencillas, ya que no completamente satisfactorias, son las teorías que se han inventado para explicar los filones, las vetas, las bolsadas, y en general toda aglomeracion de masas metálicas en el interior de la tierra, desde el filon tipo ó concrecionado hasta los constituidos por partículas minerales irregularmente diseminadas; y tan insuficientes todas ellas, que forzoso ha sido, ó abandonarlas sucesivamente, ó de tal modo combinarlas que en lo posible se completen, ó buscar explicacion distinta para cada distinto caso, que tanto vale como no tener ninguna.

Imagínese una de esas grandes dislocaciones, ó uno de esos enormes resbalamientos tan frecuentes en la quebrantada corteza de nuestro globo, ó tal vez la desigual contraccion de masas ciclópeas, ó algo en fin que forme en el interior del terreno grietas, cavidades y conductos; imagínense, en suma, soluciones de continuidad y espacios huecos, como moldes naturales dispuestos á recibir las sustancias, que el azar ó las leyes constantes del mundo físico arrojen en ellos; y tendremos el prólogo, por decirlo así, de todas las antiguas teorías, lo que hay de comun en todas ellas, preparacion innecesaria, sin embargo, para la nueva teoría del Señor de Castro. Partiendo, pues, de esta base, y suponiendo espacios preexistentes y vacíos, cada escuela, cada sistema, cada autor llenará por distinto procedimiento los ya preparados moldes.

Werner, Hutton, Elie de Beaumont, cada uno dará su explicacion propia, en armonía con sus ideas dominantes y adecuada á su especial modo de arreglar los mundos geológicos: la escuela neptunista precipitará desde los altos mares por la boca superior de cada grieta torrentes de agua, que acarrearán las sustancias constitutivas del filon; la escuela plutónica empujará desde el centro de la tierra, oculto mar de fuego, hácia la cavidad subterránea, masas metálicas fundidas, ni más ni menos que desde el alto horno pasa el líquido metal al molde que el fundidor le tiene aparejado: más tarde, rompiendo con una y otra teoría, pero no por completo, sino antes bien con cierto espíritu tan ingenioso como bien intencionado, y con grandes ansias de conciliacion, el ilustre geólogo francés, que ha poco citaba, tomará el agua como vehículo, con lo cual hasta cierto punto dará satisfaccion á Werner, el gran Neptuno de la Geología; acudirá al calórico, por hacer honor á la teoría del Pluton escocés; y así tendremos el sistema llamado hidro-termal, y un tercer procedimiento para depositar á lo largo de las líneas ó superficies del filon las sustancias que hayan de constituirlo, ya como perfecto filon concrecionado, ya como irregular acarreo, ó bajo cualquiera de las infinitas formas que la naturaleza ofrece, y que el minero descubre y explota.

Yo no he de ocuparme en examinar cada una de estas teorías, ó de estas sistemáticas explicaciones: sobre que lo ha hecho en su extensa memoria con más conocimiento de causa que pudiera yo hacerlo, el Señor de Castro, no es bien que insista en cosas, que tan á fondo conocen

cuantos en este instante me prestan su benévola atencion. Diré solo, ó repetiré una vez más, que á todas y á cada una de las teorías ya conocidas pueden oponerse objeciones graves, y que de tal modo quedan aquellas debilitadas, que ninguna basta para explicar por completo el interesantísimo fenómeno que nos ocupa.

El nuevo académico, tomando camino distinto del que tomaron sus predecesores, agrega á todas las teorías de aquellos otra más, que si en cierto modo ya flotaba, por decirlo así, en la atmósfera, y por algunos de sus rasgos transparentábase en varios escritos que el Señor de Castro lealmente cita, es lo cierto que hoy por vez primera aparece con carácter de generalidad, y se presenta como verdadera teoría ante esta ilustre Academia.

La electricidad como fuerza; la vibracion molecular y el transporte á distancias finitas como medio; la condensacion de ciertos grupos como fin: he aquí reducida á breves frases la nueva teoría con que os brinda el muy distinguido ingeniero de Minas que de hoy más ha de compartir vuestras tareas.

Yo no he de juzgar el trabajo del Señor de Castro; pero sea cual fuere el destino que á esta atrevida concepcion reserve el tiempo, digna es del espíritu elevado del nuevo académico y digna de que le presteis toda vuestra atencion. Ya que otros méritos no tuviera, que sí los tiene, mereceríala al menos por la tendencia eminentemente sintética que en su fondo se descubre. Reducir las fuerzas, y las leyes múltiples del universo á menor número de leyes y de fuerzas que abarquen y reunan todas las anteriores, y expliquen cosas que ellas no explicaban,

y con más sencillez las que aquellas lograron explicar; y por una nueva síntesis condensar en un grupo aún menor las fuerzas y las leyes ya antes agrupadas; y no cesar en este generoso empeño hasta llegar á una sola ley y á una sola fuerza, será obra admirable, realizada que sea; y aun antes de realizada digno es de loa quien contribuya ó intente contribuir á su realizacion.

Pero no es esto solo. Si vemos aun en nuestros dias á las antiguas y múltiples fuerzas de la Física agruparse en número relativamente pequeño de nuevas energías, que se llaman atraccion, afinidad, cohesion, calórico, luz, electricidad y magnetismo; si luego vemos á todas estas fuerzas ceder su puesto á *la materia ponderable* y *al éter*, y convertirse ó en accion directa ó en movimiento de ambos; si todavía recordamos que ciertos atrevidos pensadores, y no ya gente tocada de filosofías, sino sabios tan prácticos como el ilustre P. Secchi, cuya reciente pérdida llora la ciencia, aspiran á mayores y más comprensivas unidades, y pretenden sustituir á los viejos dioses del Olimpo científico una sola fuerza y una sola ley, preciso es tambien que confesemos, que á este innegable carácter de la ciencia moderna, únese otro, no ménos marcado ni ménos trascendental, y que quizá es complemento lógico del anterior. Y nace de la tendencia que muchos sabios, casi todos los de más valía, muestran por ir á buscar la explicacion de los fenómenos materiales en las *acciones contínuas* preferentemente á las acciones casi instantáneas, que toman nombre de *cataclismos;* en la multiplicidad de fuerzas infinitesimales (y valga la palabra mientras se habilita otra) antes que en las titánicas

sacudidas de las grandes fuerzas; en la transformacion lenta de cosas y de seres, mejor que en súbitas é inesperadas apariciones; en una sola fuerza obrando con sujecion á una sola ley en el tiempo, en vez de acudir á incomprensibles caprichos manifestados á borbotones en repentinos instantes. Y no se olvide que en esta ocasion no juzgo; me limito á señalar una tendencia del espíritu moderno.

A esta tendencia obedece la Física, sometiendo sus fenómenos á la continuidad de las figuras geométricas y del alto análisis, sustituyendo las fuerzas contínuas á los choques, salvando los abismos que antes mediaban entre unos y otros fluidos imponderables y entre unas y otras energías, y en general reemplazando á la categoría de la *calidad* la categoría matemática de la *cantidad*. A esta tendencia obedece aún la Química con sus nuevas series orgánicas que tienden á restablecer la continuidad en los rotos eslabones de los antiguos compuestos, como á ella obedece la Biologia con sus teorías transformistas, y aun la Filosofía con sus sistemas de la evolucion. No habia de ser la Geología agena á tan general movimiento, y así la antigua ciencia, la de los diluvios y las creaciones, cede el puesto á la de las causas constantes y las lentas metamórfosis, en cuyo espíritu se inspira la solucion propuesta por el Sr. de Castro para el problema de que se ocupa.

En resúmen: 1.° reunir en una sola teoría fenómenos hasta hoy considerados como distintos, tendiendo de este modo á la unidad; y 2.° buscar en las acciones contínuas la explicacion de dichos fenómenos, son los dos caracté-

res dominantes del notable estudio que hoy somete el nuevo académico á vuestra consideracion.

La *fuerza contínua* á que acude, segun habeis oido, es la fuerza eléctrica; y al meditar en la nueva teoría, y al medir sus grados de probabilidad, surgen, aun antes de someterla á una severa comprobacion, estas tres cuestiones fundamentales.

1.ª La fuerza eléctrica, ya como electricidad estática, ya como corriente ó sea en su forma dinámica, ¿tiene tal carácter de constancia y de extension, que merezca ser contada entre las grandes fuerzas contínuas y generales de nuestro globo?

2.ª Y aun teniendo estos caractéres, ¿es tan enérgica su accion, que pueda explicar trasformaciones para las que todo el calor central, con ser resto de un mundo entero de fuego, apenas basta?

3.ª Y en fin, admitiendo que la electricidad sea fuerza por todo nuestro globo esparcida, y más enérgica que el mismo calórico, ¿es de tal naturaleza que no sólo descomponga rocas de época anterior, sino que ordene y agrupe segun nueva y determinada ley los elementos de aquellas?

A estas tres preguntas ha de contestarse préviamente, y ha de contestarse en sentido afirmativo, para que la teoría que el Sr. de Castro nos presenta sea racional y posible. Aun siéndolo *à priori*, preciso ha de ser comprobarla en la misma naturaleza y en el crisol de los hechos, antes de aceptarla como buena; pero claro es que inútil sería tal comprobacion si un estudio preliminar nos diera soluciones negativas para alguno ó todos de los problemas que acabo de plantear.

Séame, pues, permitido discurrir ante vosotros, aunque con toda brevedad, acerca de estas cuestiones preliminares, y empecemos por la *primera*.

No hay accion química sin desarrollo eléctrico y no es ciertamente empresa nueva la de buscar explicacion, para todas las reacciones, en las fuerzas llamadas electro-químicas.

No hay manifestacion del fluido magnético que no se explique, ó que al ménos no pueda explicarse, segun el admirable descubrimiento de Ampere, por la combinacion de corrientes eléctricas en espiral. De este modo la tierra, que ya por la accion directa del sol, ya por acciones indirectas del mismo, hállase convertida en un inmenso iman, resulta envuelta constantemente por una corriente eléctrica de extraordinario desarrollo.

No hay rayo de luz, ni efluvio de calor que no pueda convertirse, y que no se convierta muchas veces, en electricidad dinámica ó en tension eléctrica.

No es posible que en los antiguos períodos geológicos, si de los de hoy no hemos de ocuparnos, el calor central, sus inmensas y desiguales emanaciones, y tanta y tanta poderosa reaccion química como en el seno de las nacientes rocas se realizaría, no determinasen extraordinario y general desarrollo de ambas electricidades.

En suma, toda fuerza que tienda á engendrar movimientos internos en las moléculas de los cuerpos, debe siempre, ya en los períodos primitivos, ya en el momento actual, ya en las futuras evoluciones de la materia, siempre, repito, debe desarrollar ese fluido imponderable en que hace consistir el Sr. de Castro la explicacion del

interesante problema que estudia, y que por ende, todos hoy por obligacion ó simpatía hemos de estudiar con él.

Así pues, en el interior de la masa terrestre, como en su propia superficie, como en las altas regiones de su atmósfera, ya por influencias exteriores, ya por acciones internas, ha de haber y hay desarrollo inmenso de electricidad, y corrientes electro-telúricas, y cuanto es necesario para poner por obra la nueva teoría: la observacion comprueba este principio, y la ciencia moderna lo afirma y *à priori* lo demuestra.

Segun ella todos los fenómenos del mundo material, desde los más profundos y misteriosos de la Química hasta los más externos y visibles de la Astronomía, explícanse por manera en extremo fácil, y con sujecion á peso y medida, y casi siempre dentro de fórmulas matemáticas, con dos solos elementos: la *materia ponderable* y el *éter*. Los cuerpos todos, segun la opinion dominante, no son otra cosa que pequeñísimos sistemas planetarios, compuestos de individualidades atómicas, en cada una de las que hay que distinguir y considerar: 1.° un centro ó *núcleo* formado de materia ponderable; y 2.° una *atmósfera de éter* sujeta y condensada alrededor de aquel núcleo por su atraccion central. Admítase ademas que núcleos y atmósferas flotan como archimicroscópicos astros en un piélago infinito de tres dimensiones, si se nos permite este modo geométrico de expresarnos, formado por un éter de idéntica esencia que el que aprisionaron por su atraccion los centros ponderables, pero ménos denso que aquel. Supóngase por último que la *materia atraiga á la materia* y al *éter* proporcio-

nalmente á las masas y en razon inversa de los cuadrados de las distancias, segun la ley neutoniana, ó segun otra cualquiera, y que las atmósferas etéreas se rechacen, ó de otro modo, que el *éter rechace al éter* en funcion de la distancia que los separa y en proporcion de sus masas; y tendremos toda la Física moderna, y quien sabe si andando el tiempo toda la Química, reducidas á problemas de Mecánica y comprendidas en una sencilla y admirable síntesis universalmente aceptada.

Y las hipótesis en que tal síntesis ha de fundarse, nótese que ya están aceptadas por casi todos los sabios; por todos diria, si de la subordinacion científica pudiera responderse: y es que las hipótesis que acabo de recordar, más que arbitrarias creaciones de la imaginacion, son símbolos ó fórmulas schemáticas de los hechos. Que como al fin toda la Física y la Química toda redúcense á conjunto de fuerzas, y en la fuerza sólo hay dos maneras de ser, la atractiva ó la repulsiva, llamando materia ponderable al *substractum* origen de la primera, y éter á la substancia de donde en cierto modo nace la segunda, no se habrá hecho otra cosa que dar nombres cómodos, y representacion sensible, y signo material á ambas fuerzas sin prejuzgar cosa alguna en cuanto á su íntima naturaleza ó á su metafísica esencia. Si esta no es la verdadera explicacion de los fenómenos inorgánicos, los fenómenos se desarrollan *como si lo fuese*, segun la célebre frase del gran Newton; y sean cuales fueren las teorías que el porvenir engendre, lo demostrado hoy, demostrado quedará, y podrá ensancharse la esfera de lo conocido y dar con leyes más generales que las que proclama la ciencia del siglo XIX,

pero nunca negarlas ni proclamar nada contrario á ellas.

Tanto es así, que físicos eminentes, entre ellos el P. Secchi, no se dan por satisfechos con semejantes hipótesis, por parecerles sobradamente tímidas; y buscando algo más profundo y más trascendental, niegan la fuerza como *accion á distancia*, reducen la materia ponderable y el éter á una sustancia única, y toman el movimiento de los átomos, y no más que el movimiento, como base á su entender firmísima, de una teoría que si al pronto atrae y seduce por su sencillez, al fin se estrella contra insuperables obstáculos. Pero asunto es este que me llevaría muy lejos, y harto me he separado ya del que debiera ocuparme esclusivamente.

Terminaré pues esta escursion por el campo de la Filosofía recordando unas admirables frases del inmortal Newton, impregnadas, por decirlo así, de espíritu profético.

Decia el geómetra inglés en su Optica: «Deducir de »los fenómenos de la naturaleza dos ó tres principios ge»nerales de movimiento, y hacer ver en seguida cómo las »propiedades de todos los cuerpos y sus acciones son con»secuencia de aquellos, sería dar un gran paso en la Fi»losofía, aun cuando las causas de tales principios perma»neciesen ignoradas (1).»

¿Cómo en ménos palabras y con más precision puede anunciarse el advenimiento de la ciencia moderna y marcar su carácter y preveer sus resultados?

Quien leyó en los cielos, no es mucho que supiera leer en el libro del porvenir.

Ello es, que admitiendo la materia ponderable, el éter, y sus atracciones y repulsiones en funcion de las distancias, el mundo material con toda su infinita riqueza de fenómenos esplícase con maravillosa sencillez; ó al ménos explícanse sus rasgos dominantes, y á donde la explicacion no llega, culpa viene á ser no de la hipótesis física, sino del análisis matemático, que hállase impotente en gran número de problemas para integrar las ecuaciones diferenciales que expresan la ley elemental del hecho traducido en ecuacion.

He dicho que todo se explica con maravillosa facilidad, y en efecto, el calor, la luz, la electricidad, el magnetismo, la afinidad, resultan ser movimientos de la materia y del éter bajo la accion de sus fuerzas recíprocas.

El *calor* es la vibracion de las moléculas ponderables y de sus atmósferas: aumenta la temperatura de un cuerpo cuando aceleran sus vibraciones aquellos elementos materiales; desciende de temperatura cuando se aproximan al reposo; las dilataciones y contracciones son consecuencias lógicas de una mayor agitacion interna que rebosa al exterior, ó por el contrario de una tendencia á la inmovilidad, que da preponderancia á las fuezas atractivas; y de este modo la ecuacion entre la fuerza viva y el trabajo es base de la Termodinámica, admirable creacion de Mayer, Carnot y tantos otros.

La *luz* es la vibracion transversal del éter, y las fórmulas de los movimientos vibratorios de los sistemas, desenvueltas y aplicadas por Fresnel y Cauchy dan luz á la misma luz, y hacen de la Optica moderna algo parecido á la Astronomía por su exactitud, su método, y

hasta por el rigor infalible de sus predicciones. Anuncia aquella, astros que nunca vió: anuncia esta, por el estudio geométrico y analítico de la onda luminosa y de sus puntos singulares, la refraccion cónica interior; y Le Verrier y Hamilton son profetas, del mundo de lo infinito aquel, del mundo de lo infinitamente pequeño este.

La *electricidad estática* halla su origen en el desequilibrio de las atmósferas etéreas: allí donde la densidad de estas aumenta dícese que existe *electricidad positiva;* allí donde disminuye su densidad la llamada *electricidad negativa* aparece; lo que antes era un fluido imponderable y una nueva fuerza, viene á convertirse en condensacion ó dilatacion del éter; y las fórmulas generales de las atracciones newtonianas y las modernas de la potencial, resuelven todos los problemas de esta parte de la Física, ó al ménos los plantean analíticamente, siendo ya incumbencia y responsabilidad de la ciencia pura su resolucion.

La *electricidad dinámica* es el éter en movimiento, entre dos puntos de distinta potencial, que busca su nivel y su equilibrio, como lo busca el agua al descender por los tendidos valles ó al deslizarse por las ocultas cañerías: es la corriente etérea que marcha como sutilísimo gas, desde un depósito en que se halla á alta presion sometido, hácia otro donde la presion no es tan grande: es, en una palabra, el equilibrio de tensiones que se realiza por el transporte material de la sustancia éterea. Y Ohm y Weber, y aun hoy mismo Clausius se esfuerzan por someter á un riguroso análisis matemático la corriente eléctrica directa, la corriente inducida y sus recíprocas acciones.

¿Que más? La Química, la que hasta hoy, antes fué ciencia de la *cualidad* que de la *cantidad*, y por serlo ó aparentarlo, pudo librarse del cálculo algebráico y de las invasiones de Mecánica, hoy muestra una como tendencia hácia las teorías generales de la Física, y Berthelot profesa la Termo-química y la Mecánica-química, y proclama el principio del *trabajo máximo* en estos términos.

«Todo cambio químico realizado en un cuerpo ó en »un sistema de cuerpos, sin intervencion de energías »exteriores, tiende hácia la produccion de un nuevo cuer»po ó de un nuevo sistema, tal, que el paso del 1.º al »2.º corresponda al mayor desarrollo posible de calórico.» Consecuencia lógica, por otra parte, de cierta teoría de la Termodinámica.

El dia en que este principio ú otro de la misma clase, convenientemente generalizado, sea una verdad por todos reconocida, la Química entera quedará encerrada, por decirlo así, en una tabla de combinaciones dobles, triples, etc., de los cuerpos simples, á cada una de las que corresponderá en dicha tabla *un número*, el número de calorías que la combinacion de que se trata sea capaz de engendrar; porque en este caso el resultado de toda reaccion podrá preveerse, buscando entre las combinaciones posibles de los cuerpos que en ella entren, las que den mayor número de calorías desarrolladas; y si á las tablas pueden sustituirse curvas contínuas, habráse convertido el problema en uno de cálculo diferencial: á saber, el de máximos y mínimos. No pretendo que estemos próximos á tan admirable descubrimiento, pero digo que en esta direccion marcha la Química moderna.

Ahora bien, si todas las ciencias que podemos llamar inorgánicas, tienden á reducirse á meras cuestiones de movimiento, y en último resultado, á atracciones y repulsiones de la materia ponderable y de sus atmósferas etéreas y á la constante vibracion de unas y otras, claro es, que no se concibe fenómeno alguno en el seno de la materia, sin modificacion en las densidades, sin alteracion en las oscilaciones, sin desequilibrio ó nueva forma del equilibrio mismo, del éter que envuelve á las moléculas y á los átomos, y que constituye, por decirlo así, el gran resorte repulsivo de todos los cuerpos, mitad en cierto modo de su energía elástica. Pero estas modificaciones, cambios, desequilibrios y movimientos del éter, son precisamente los que constituyen ambas electricidades; luego hubiéramos podido asegurar *à priori*, lo que *à posteriori* ya sabíamos, que apenas hay hecho alguno en la naturaleza inerte, pues del mundo orgánico no nos ocupamos en esta Memoria, en que no tome parte más ó menos principal el fluido eléctrico.

Imaginemos, para dar forma á esta idea, que todos los astros de todos los sistemas solares tuvieran atmósferas análogas á la nuestra, y que entre unas y otras se extendiese un gas, más ténue que aquellas, como verdadera atmósfera del espacio inter-estelar. Acortemos aun idealmente las distancias, ó vigoricemos las fuerzas atractivas ó repulsivas, y habremos reproducido, aunque agrandada por el poderoso microscopio de la imaginacion, la hoy misteriosa é invisible trama de la materia. Los núcleos de los astros representarán los átomos ponderables; el éter condensado tendrá, por decirlo así, su

símbolo en las atmósferas; el éter inter-atómico será éter inter-planetario; y atracciones y repulsiones astronómicas serán la amplificacion de aquellas otras que hoy la ciencia más adivina que ve. Y entonces veríamos lo que hoy no vemos, las mareas atmosféricas del éter, la vibracion de los átomos convertida en elipse celeste, su propia rotacion bajo forma, por decirlo así, de rotacion diurna, y aun escapes y cambios de atmósferas que por fortuna en nuestro sistema planetario, ó no son frecuentes, ó no nos alcanzan, ó no llegaron á nosotros todavía.

La primera, pues, de las tres cuestiones que formulaba poco ha, al someter la teoría del señor de Castro á un análisis crítico, por decirlo así, preventivo, queda resuelta en sentido favorable á su hipótesis en todos los terrenos: en el de los hechos y en el de los principios, concordancia precisa si los principios han de ser la reproduccion ideal de los hechos mismos y de sus leyes.

Pero si las electricidades estática y dinámica hállanse extendidas por donde quiera que hay materia y fuerzas materiales, ¿será su intensidad, su energía, su poder dinámico, suficiente para explicar así la formacion de los pequeños cristales en el metamorfismo, como la condensacion de las masas metálicas en los filones, fenómeno, al parecer, de otro órden de magnitud que el primero?

O de otro modo, dado que la electricidad es fuerza universal, ¿es fuerza grande ó pequeña? Hé aquí *la segunda cuestion.*

Distingamos, como distinguian los escolásticos, an-

tes de contestar á tal pregunta. Quien, creyendo haber encontrado un motor incomparable y misterioso, pretenda servirse de la fuerza eléctrica que logre desarrollar ya por una máquina movida á mano, ya por una pila ó una batería, ya, en fin, bajo forma de corriente directa; y pretenda con esto, repito, la mágica multiplicacion del trabajo mecánico ó químico que consumió, pretende un imposible, que el poder de la electricidad, por que este nombre lleve, y por íntimas que sean sus relaciones de parentesco con el rayo, jamás viola las leyes eternas de la Mecánica. Quiero decir, que si en desarrollar electricidad se consumió un trabajo de 20 kilográmetros, este trabajo, trasformado en energía eléctrica, no será ni 1 kilográmetro más de los 20 empleados en su produccion. Es más: relativamente, los trabajos eléctricos son mínimos, comparados con otros con que la naturaleza nos brinda. Pero si al apreciar los efectos de esta fuerza contamos con su modo especialísimo de actuar, la electricidad, no hay que dudarlo, es energía incomparable y maravillosa. Preciso es aclarar esta aparente contradiccion.

Una fuerza de pequeña intensidad, hablando humanamente, que en esto de grande y de pequeño todo es relativo á nuestros términos de comparacion, aplicada sobre extensa superficie, escaso efecto produce. La fuerza impulsiva de una bala de fusil, por ejemplo, si se repartiera por igual sobre toda la superficie de un hombre, ni desorganizaria su materia orgánica, ni causaria su muerte; pero reconcentrad su accion, ó la de otra energía dinámica mucho ménos intensa, en unos cuantos milí-

metros cuadrados, en el filo de un arma cortante, en la punta agudísima de una espada, y el efecto será inmenso, y la desorganizacion completa, y la destruccion inmediata.

¡Y qué mucho que esto suceda, si la fuerza es la misma, si su trabajo mecánico no ha variado, y en cambio la resistencia es mil y mil veces menor! ¡Si á la accion destructora antes se oponian millones y millones de moléculas, que ahora no se oponen! ¡Si la fuerza, valiéndose de ingeniosísima estrategia en esta lucha del mundo material, ha caido con toda su total energía sobre fuerzas resistentes muy inferiores!

Pues hé aquí, imágenes aparte, cómo obran la chispa eléctrica, las corrientes directas y las corrientes inducidas. Una corriente de las que se obtienen en los laboratorios, por grande que sea, representa bien pequeña energía, y sin embargo, su energía *por unidad de resistencia* es enorme; porque más hábil que la mortífera bala, que el cortante filo, que la aguda punta del anterior ejemplo, busca menor superficie resistente, penetrando en las moléculas, tomando en el átomo su punto de aplicacion, y desatando contra él todas sus violencias. ¿Dónde hay hierro de tan aguzada punta que sólo hiera un átomo?

De ahí el irresistible poder de transformacion de la corriente eléctrica, superior al de los más poderosos medios de análisis químico, superior al de los altos hornos, quizá superior al del mismo fuego central, que para producir determinadas metamórfosis, habrá tenido que convertirse préviamente en electricidad, único modo de

penetrar en las masas y de ir á *ciertos elementos* de la materia ponderable, sin hacer entrar en juego á los restantes.

Todas las demás fuerzas, hasta hoy conocidas, obran de distinto modo mientras no cambia su manera de sér. La atraccion, la cohesion, la gravedad, el calórico, la misma afinidad química, casi siempre buscan masas *comparables* á sus respectivas intensidades: cada elemento de fuerza, un elemento resistente del mismo órden de magnitud: y así vienen á ser, si me permitís que insista en el ejemplo de antes, pobres estratégicos, que oponen cándidamente division á division, regimiento á regimiento, á cada batallon del enemigo uno suyo, y por fin, á un soldado otro soldado; mientras que la corriente eléctrica se insinúa en las masas heterogéneas por el hilo de la conductibilidad, rodea la atmósfera etérea del átomo, y contra él desarrolla toda su potencia dinámica, que, por débil que sea, casi siempre es inmensamente superior á la que resiste.

De este modo se explica que la pila funda cuerpos, si se me permite esta frase, infundibles; que venza las tierras más refractarias; que haga cristalizar el carbono como en los experimentos de Despretz; que llegue, en fin, aunque en menor escala, pero con esfuerzos mínimos, á donde la Naturaleza sólo ha podido llegar, desarrollando todos sus titánicos é inagotables medios de accion.

Las consideraciones que preceden, que aún pudiéramos ampliar, haciendo que entrase en juego otro elemento, del que hasta aquí no hemos hablado, *el tiempo*,

porque la electricidad puede acumular en uno brevísimo el trabajo de un largo período, demuestran que si la energía eléctrica es una de las fuerzas universales del mundo físico, es, como fuerza de transformacion interna, una de las más potentes: quizá única, si al fin las acciones químicas se reducen á cambios en las potenciales de los sistemas de átomos y de sus atmósferas etéreas.

Más aparece aquí, porque al cabo le llegó su turno, esta *tercera* y última cuestion.

La electricidad, ¿es fuerza ordenadora como es fuerza capaz de destruir?

Tras de quebrantar el equilibrio molecular de los cuerpos, de arrancar á los átomos de sus órbitas, de deshacer combinaciones, y de poner en dispersion elementos, en suma, de esgrimir su potencia de desorganizacion, ¿será capaz de nuevas organizaciones?

Ofenderia el saber de esta docta Academia, si para contestar á la pregunta que precede, entrase en desarrollos análogos á los que he creido oportunos en las dos primeras partes de mi discurso.

La teoría de la pila eléctrica, las cristalizaciones obtenidas por medio de las corrientes, el transporte de sustancias ponderables que á veces efectuan, son hechos harto conocidos, y que ha mucho tiempo vienen siendo parte para que se considere á la fuerza eléctrica como fuerza eminentemente *polarizadora;* que es decir, fuerza que dirige, y ordena, y agrupa, y distribuye, y donde solo existia el desórden y la confusion de la primitiva nebulosa, ó de las primitivas ebulliciones geológicas, introduzca rudimentos de coordinacion, y tienda á crear

edificios moleculares de más regular arquitectura. Hace, en una palabra, cuanto es necesario para realizar transformaciones metamórficas, orígen de todos los cristales; y para recoger partículas metálicas, sin órden esparcidas en el seno de una formacion cualquiera, conduciéndolas en determinadas direcciones, verdaderos afluentes eléctricos, hasta otra direccion general, talweg, por decirlo así, de aquella circulacion de éter, que así recoge, y junta, y acumula los átomos metálicos en líneas generales, que han de ser el futuro filon: ni más ni ménos que la accion incesante de las aguas desprende de las laderas, y arrastra de uno á otro riachuelo, y de uno á otro rio, masas de arenas que al fin se depositan en el gran cáuce central.

Tales son las consideraciones generales que me ocurren al examinar la nueva teoría del Sr. de Castro. Un estudio más profundo exigiría entrar en el análisis de casos prácticos y en la enumeracion de hechos, impropio lo uno y lo otro de este discurso. Basta para mi objeto señalar á vuestra consideracion el carácter racional y la elevada tendencia del trabajo de nuestro digno compañero.

Trabajo que versa sobre un interesante problema, ciertamente, y que con todo no es más que caso singularísimo de otro más alto problema que pudiera enunciarse en estos términos.

«Dadas varias sustancias irregularmente mezcladas en grandes ó pequeñas masas, y dadas asimismo las fuerzas internas del sistema y las acciones exteriores ¿en qué forma y con sujecion á qué leyes tenderán á agruparse las sustancias análogas y á distribuirse todas ellas?»

Problema que comprende desde los vagos giros de la nebulosa hasta la última reaccion de la Química, y para cuya solucion hay que contar con todas las fuerzas, desde las atracciones planetarias hasta las afinidades de los átomos: problema en cuya solucion se empeña por muy diversos caminos la ciencia moderna, penetrada de que el azar no existe, de que para todo hay razon y causa, de que el último átomo marcha por trayectoria definida aunque ignorada, en fin, de que la verdad envuelta en sombras ó bañada en fulgores, siempre es la verdad. En su busca sigue la ciencia constante é infatigable, y cuando consigue recoger lejanos reflejos de un sol que no vé todavía, pero que la esperanza y el deseo le hacen adivinar al otro lado del horizonte, da por bien empleados sus afanes, sus luchas, su noble trabajo, que tal es su mision y la de todo aquel que á su estudio se consagre en severo y sublime sacerdocio.=HE DICHO.

NOTA.

(1) Newton, Optica, libro III, cuestion XXXI: «Ex phænomenis natu-»ræ, duo vel tria derivare generalia motus principia, et deinde explicare »quemadmodum proprietates et actiones rerum corporearum omnium ex »principiis istis manifestis consequantur, id vero magnus esset factus in »philosophia progressus, etiamsi principiorum istorum causæ nondum »esset cognitæ.»

